

산책로 전용 조명 적정 조도 수준 도출을 위한 실증 연구

박기수^{1,2}, 박원일¹, 정준화^{1*}

¹한국건설기술연구원 도로교통연구본부, ²과학기술연합대학원대학교 건설환경공학

Empirical Study to Derive Appropriate Illuminance Level for Lighting Exclusively for Walking Trails

Ki-Soo Park^{1,2}, Won-Il Park¹, Jun-Hwa Jeong^{1*}

¹Department of Highway&Transportation Research, Korea Institute of
Civil Engineering and Building Technology

²Civil and Environmental Engineering, University of Science and Technology

요약 건강한 삶을 위한 시민들의 수요가 증가함에 따라 도시공원, 산책로와 같은 생활건강공간의 조성면적이 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 이러한 생활건강공간은 주로 주거지 외곽에 위치하고 있으며, 야간 이용자 수가 많아 적정 조명 시설이 필요하다. 그러나, 현재 산책로에 대한 조명의 성능 기준은 논의되고 있지 않은 실정이다. 이에 본 연구에서는 국내외 조명 기준을 검토하여 현황을 파악하고, 산책로에 적합한 조명의 적정 조도 수준을 파악하기 위한 실증실험을 수행하였다. 이를 위해 실제 산책로와 유사한 환경을 조성하고, 36명의 피험자를 실험집단으로 구성하였다. 장애물, 노면단차, 대향보행자를 대상으로 설정하여 수평면, 연직면 조도 등을 변화하며 피험자들의 인지 수준을 조사하였다. 실험 결과 수평면 조도가 증가할수록 대상물의 인지정도가 증가하는 경향이 보였으나, 수평면 조도 3.0lx 이상에서는 인지정도의 변화가 적었다. 연직면 조도 또한 조도가 증가할수록 대향보행자에 대한 인지정도가 증가하는 경향을 보였으며, 대향보행자와 피험자 간 4m 거리 기준으로 연직면 조도 0.4lx 이상에서 대향보행자의 얼굴 식별이 가능하였다. 향후 보다 넓은 범위의 실험구간 구현과 다양한 실험조건을 실제와 유사하게 조성한다면 더욱 유의미한 결과가 도출될 수 있을 것으로 판단되며, 이를 통해 산책로 조명에 대한 적정 기준 연구와 실제 산책로 조명의 설치, 확대가 더욱 활발해질 것으로 기대된다.

Abstract As citizens' demand for a healthy life increases, the area of living and health spaces is increasing continuously. These living and health spaces are usually located on the outskirts of residential areas, and there are many users at night, so appropriate lighting facilities are required. On the other hand, the performance standards for trail lighting are not currently being discussed. Accordingly, this study reviewed the lighting standards and conducted an empirical experiment to determine the illuminance level of lighting suitable for trails. An environment similar to an actual walking trail was produced, and the recognition level of objects by 36 subjects was investigated according to changes in horizontal and vertical illumination. As a result of the experiment, the degree of recognition tended to increase as the horizontal illumination increased, but the change was small from 3.0lx and above. Vertical illumination also showed a tendency to increase the recognition of opposing pedestrians as illuminance increased, and it was possible to identify the opposing pedestrian's face at 0.4lx or higher based on a distance of 4m. Nevertheless, more meaningful results will be derived from experiments over a wider range and under various conditions in the future.

Keywords : Trail Lighting, Appropriate Illuminance, Surface Conditions, Obstacle Recognition Distance, Empirical Experiment

본 연구는 한국건설기술연구원의 주요사업인 "생활건강공간 전용 스마트안전시스템 실증 개발 및 시범설치"의 연구비 지원으로 수행되었음.

*Corresponding Author : Jun-Hwa Jeong(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)

email: jhjeong@kict.re.kr

Received November 21, 2023

Revised January 29, 2024

Accepted April 5, 2024

Published April 30, 2024

1. 서론

우리나라는 고령화, 건강한 삶을 위한 다양한 니즈의 지속적인 증가에 따라 도시공원, 산책로 등 생활건강공간의 조성면적이 Table.1과 같이 지속적으로 증가하고 있으며, 그 조성에 필요한 안전과 편의 관련 시설수요가 증대되고 있는 추세이다.

Table 1. Status of trail construction by region in Korea

Year	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Park area (㎡/person)	9.6	10.1	10.5	11.0	11.6	12.3

Reference : <http://www.index.go.kr> (korean indicator system)

대표적으로 삶의 질에 대한 요구수준 증대로 인해 공원 등 녹지공간, 둘레길, 산책로 등 건강증진과 생활편의 시설에 대한 수요가 급속하게 증가하고 있으며, 이들 생활건강공간이 지역사회의 중요한 생활형 인프라로 자리 잡고 있다. 이는 지역 주민의 편의와 건강증진은 물론, 지역 특화 관광과 이미지 강화에도 핵심 역할을 하여 지방자치단체의 주요 관심사업이 되고 있는데, 올레길, 갯맷길, 주상절리, 파도소리길 등 관광상품형 도보여행 코스 조성은 물론 공원, 산책로, 둘레길, 등산로 등의 형태로 생활건강공간에 편입, 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 이들 생활건강공간은 공간적, 기능적 특성상 그 요건으로 안전 및 보안(safety & security)과 경관을 살리는 방향으로 설계되어야 하는데, 이를 위해 이용자 안전, 전용 조명 등 관련시설의 설치가 필요하다. 생활건강공간은 규모 측면에서도 주요한 사회적 공간으로 자리 잡고 있어 공간의 효율적 운영관리를 통한 사회적 편익을 향상하는 방향 즉, 공간 기능적 특성상 안전과 친환경, 경관성 확보가 조성 시 주요 초점이 된다. 특히, 그 중 가장 기본이 되어야할 요소는 안전이라고 볼 수 있으며 안전을 개선, 강화할 수 있는 가장 기본적인 방법은 조명의 설치로 볼 수 있다. 그러나, 산책로의 경우는 빛공해 방지, 자연보호 등을 이유로 조명이 설치되어있지 않는 경우도 존재한다. 산책로와 같은 생활건강공간은 주로 공원지역이나 주거지 외곽에 위치하고 있으나, 주간 뿐 아니라 야간에도 많은 이용자 수요가 있으며, 이러한 수요는 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 생활건강공간 내 크고 작은 범죄가 지속적으로 발생하고 있으며, 야간 이용자의 안전한 통행을 확보하는 문제가 사회적인 이슈가 되고 지속적인 민원(보안등 설치 등)도 제기되고

있는 실정이다.

따라서, 산책로와 같은 생활건강공간이 친환경 공간, 문화공간이라는 점에서 경관성과 빛공해에 대한 우선적인 고려가 필요하며 이에 맞는 조명장치가 필요한 실정이다. 그러나 국제적으로는 도시지역 보행로를 기준으로 관련 조명기준만 제시되어 있을 뿐 주로 주거지 외곽에 위치한 산책로에 대한 조명장치의 성능 기준은 거의 논의되고 있지 않는 실정이다.

이에 본 연구에서는 국내의 생활건강공간 등에 대한 운영현황을 조사하고, 관련 조명장치에 대한 기준을 검토하여 생활건강공간 대상 조명장치의 필요성을 제시하였다. 또한, 이를 바탕으로 산책로에 적합한 적정 조명기준을 정립하기 위해 실제 산책로와 유사한 환경을 조성하고, 36명의 피험자를 실험집단으로 구성하여 각 실험 조건에 대한 시인성 평가를 수행하여 산책로 안전에 필요한 적정 조명 수준을 정량화 하였다.

2. 관련 문헌 검토

2.1 산책로 설치 현황 및 선행연구 고찰

2021년말 기준 산책로, 둘레길, 트레킹 코스 등 생활건강공간(길)은 Table 2와 같이 구성되어 있으며, 전국 1,253곳 17,759km로 서로 경쟁적으로 조성, 지속적으로 증가하고 있는 추세이다.

Table 2. Status of trail construction by region in Korea

Region	Number of place	Length (km)
Seoul-si	172	1,044
Busan-si	49	663
Incheon-si	33	432
Daegu-si	50	353
Daejeon-si	34	297
Gwangju-si	32	227
Ulsan-si	25	218
Sejong-si	7	69
Gangwon-do	135	1,966
Gyeonggi-do	233	2,824
Chungcheongnam-do	64	506
Chungcheongbuk-do	44	488
Jeollabuk-do	59	2,065
Jeollanam-do	81	1,371
Gyeongsangbuk-do	113	3,453
Gyeongsangnam-do	64	962
Jeju-do	58	821
Total	1,253	17,759

Reference : <http://www.data.go.kr> (public data portal)

이러한 산책로 관련 연구 동향 및 사례를 검토하기 위하여 선행연구를 고찰하였다.

Byun 등은 도보여행길의 안전시설물 설치를 위한 기초연구로서 국내 4개의 산책로를 대상으로 시설물 설치 현황 및 도보여행자의 심리적 안전에 미치는 영향에 대한 연구를 수행한 결과 방향표시 설치 미흡이 가장 큰 영향을 미치며, 정보시설물 설치 방식에 대한 연구의 필요성을 제시하였다[1].

Kim 등은 도보길의 안전환경을 위한 요구사항 파악을 위하여 2016년 산책로 이용 경험자를 대상으로 설문 조사를 실시하였으며, 도보길 사고 중 미끄러짐 등과 같은 신체적 사고가 가장 높은 사고유형으로 조사되었으며, 국내 도보길에 대한 시설물 유형 및 특성 등 안전관리 방식에 대한 연구의 필요성을 제시하였다[2].

Park 등은 충주시 관내 도심지 체육공원에 대한 이용 실태 및 조명현황을 분석하였으며, 분석결과 설치 조명이 전체적으로 KS 조도기준 범위에 미치지 못하는 낮은 조도와 불규칙한 조명시설의 간격의 개선 필요성을 제시하였다[3].

Kim 등은 제주시 수변공간의 안정적인 조명계획을 제안하고자 홍콩 침사추이 공원, 일본 후쿠오카 나카가와 공원과 제주시 함덕해수욕장 산책로의 수평면 조도를 측정하여 비교하였으며, 이를 통한 제주의 수변공원 조명설비의 문제점을 제시하였다[4].

2.2 국내·외 보행자 조명관련 기준

최근 국내에서는 야간환경에서의 보행자 안전 및 보안에 대한 우려의 증가로 보행자 조명의 중요성이 높아지고 있으나, 보행자용 조명에 관한 기술적 기준은 여러 곳에 산재되어 있으며, 명확하지 않은 실정이다[5].

국토교통부는 「경관조명시설(2016)」[6]을 통해 보행 등을 밤에 이용하는 보행인의 안전과 보안을 위하여 설

치하는 조명으로 정의하고 있으며, 산책로에 설치되는 조명을 보행등으로 규정하고 있다. 국내 보행등 관련 표준은 도로 조명 기준(KS A 3701)[7]에 규정되어 있으며, 보행자에 대한 조명의 기준을 보행자 교통량, 지역 및 장소에 따라 Table 3과 같이 제시하고 있다.

국제조명위원회(CIE)에서는 도로를 사용자 유형(자동차 운전자, 보행자 등)으로 구분하며, CIE 115:2010[8]를 통해 보행자 도로 조명의 기준을 제시하고 있다. 보행자가 경로 상 장애물이나 기타 위험 및 다른 보행자의 움직임 인식을 보행자 조명의 주 목적으로 명시하고 있으며, 보행자 조명 기준을 P-등급으로 구분하여 등급별 최소 수평면 조도와 최소 연직면 조도 기준을 Table 4와 같이 제시하고 있다.

Table 4. Lighting classes for pedestrians and low speed traffic areas(CIE 115)

Lighting class	Minimum requirements	
	Horizontal illuminance (lx)	Vertical illuminance (lx)
P1 High prestige roads	3.0	5.0
P2 Heavy night-time use by pedestrians or pedal cyclists	2.0	3.0
P3 Moderate night-time use by pedal cyclists or pedestrians	1.0	2.5
P4 Minor night-time use by pedal cyclists or pedestrians solely associated with adjacent properties	1.0	1.5
P5 Minor night-time use by pedal cyclists or pedestrians solely associated with adjacent properties. Important to preserve village or architectural character of environment.	0.6	1.0
P6 Very minor night-time use by pedal cyclists or pedestrians solely associated with adjacent properties. Important to preserve village or architectural character of environment.	0.4	0.6

Table 3. Standards for road lighting for pedestrians (KS A 3701)

Pedestrian traffic at night	Area	Illuminance(lx)	
		Horizontal ^a	Vertical ^b
High	Residential	5	1
	Commercial	20	4
Low	Residential	3	0.5
	Commercial	10	2

^a Average illuminance on road surface

^b Minimum illuminance on a vertical plane perpendicular to the road axis at a height of 1.5 m above the road surface at the center of the sidewalk

영국 표준(BS EN 13201-2:2015[9])은 CEN 회원국에서 도로조명 제품 및 서비스를 보다 쉽게 개발하고 사용할 수 있도록 해당 국가들의 도로조명 표준을 고려하여 만들어 졌으며, 보행자 조명과 관련하여 P-등급, HS-등급, SC-등급이 있다. P-등급은 국제조명위원회의 보행자 조명 등급과 동일하며, HS-등급은 반구형 조도를 기준으로 Table 5와 같이 평균 조도와 균제도에 따른 등급을 구분한다. SC-등급은 사람, 물체를 식별하기 위하

여 공공조명이 필요한 상황이나 범죄 위험이 높은 지역에 적용되는 등급으로 반원통형 조도를 기준으로 하여 Table 6과 같이 최소 조도에 따라 등급이 구분된다.

Table 5. Requirements for road lighting for pedestrians : HS lighting classes (BS EN 13201-2)

Class	Hemispherical illuminance	
	Average(lx)	Uniformity
HS1	5.00	0.15
HS2	2.50	0.15
HS3	1.00	0.15
HS4	performance not determined	

Table 6. Requirements for road lighting for pedestrians : SC lighting classes (BS EN 13201-2)

Class	Minimum semi-cylindrical illuminance(lx)
SC1	10.0
SC2	7.50
SC3	5.00
SC4	3.00
SC5	2.00
SC6	1.50
SC7	1.00
SC8	0.75
SC9	0.50

북미조명학회(IESNA)[10]에서는 야간 시간대의 평균 보행자 통행량을 토대로 등급을 나누어 Table 7과 같이 보도에 대한 권장 수평면 조도, 연직면 조도 설계기준을 제시하고 있다. 야간 평균 보행자 통행량이 가장 높은 1시간에 대하여 10인 이내, 11~99인, 100인 이상으로 등급을 나누어 보행자 통행량이 많을수록 높은 수평면 조도와 연직면 조도를 권장하고 있다.

Table 7. Recommended design criteria for walkways within road right of way(IESNA)

Condition	Horizontal illuminance (lx)	Vertical illuminance (lx)
High pedestrian activity ^a	10	5
Medium pedestrian activity ^b	5	2
Low pedestrian activity ^c	2	1

^a more than 100 pedestrians during the highest nightly average one-hour volume period.

^b between 11 and 99 pedestrians during the highest nightly average one-hour volume period.

^c 10 or fewer pedestrians during the highest nightly average one-hour volume period.

일본은 JIS Z 9111:1988[11]을 통해 보행자 도로에 대한 조명기준을 Table 8과 같이 제시하고 있다. 해당 기준은 국내 KS A 3701과 동일하게 야간 보행자 교통량 및 장소 특성에 따라 수평면 조도와 연직면 조도를 제시하고 있다.

Table 8. Standard values for street lighting for pedestrians(JIS)

Pedestrian traffic at night	Area	Illuminance(lx)	
		Horizontal	Vertical
High	Residential	5.0	1.0
	Commercial	20.0	4.0
Low	Residential	3.0	0.5
	Commercial	10.0	2.0

2.3 소결

국내·외 기준에서 제시한 보행자 관련 조명의 최소 수평면 조도 및 연직면 조도는 Table 9와 같다.

Table 9. Minimum performance of pedestrian lighting for each criterion

Standard	Minimum performance		Note
	Horizontal Illuminance (lx)	Vertical Illuminance (lx)	
KS	3.0	0.5	Based on residential areas with low traffic
CIE	1.0	2.5	Moderate night-time use by pedal cyclists or pedestrians(P3)
BS EN			
IESNA	2.0	1.0	Low pedestrian activity
JIS	3.0	0.5	Based on pedestrian movement and posture recognition 4m ahead

각 국가별로 보행로를 대상으로 제시된 최소 수평면 조도는 1.0~3.0lx, 연직면 조도는 0.5l~2.5lx의 범위로 정리된다.

그러나 해당 기준은 일반적인 도심 보행로를 기준으로 제시된 기준이며, 각 규정에서는 어떠한 근거에 의해서 해당 수치가 제시되는지는 설명하지 않고 있다. 또한, 정형화 되어있지 않은 산책로에 대한 조명기준은 전무한 실정이다. 산책로 관련 선행연구 검토 결과 보행자 안전을 위하여 시설물 설치 기준에 대한 연구의 필요성을 제시하고 있었다. 산책로 조명과 관련하여 대부분의 선행 연구는 측정 조도의 KS 기준 충족 여부 및 비교를 통하여 산책로 조명을 평가하였으며, 이러한 산책로 조명이 실질적으로 보행자에게 미치는 영향에 대한 실증 사례는

전무하였다.

우리나라의 교외나 지방지역에 주로 설치되는 산책로는 개소와 연장 측면에서 그 규모가 상당히 지속적으로 증가하고 있는 추세임을 고려하였을 때, 현행 보행로 외에 별도로 산책로를 대상으로 하는 적정 조명 수준에 관한 연구가 필요하다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 도시지역 보행로 조명 기준 수치를 참고하여 비포장 도로를 포함한 공원지역이나 도시 외곽 지역의 산책로를 대상으로 하는 조명의 정량적 성능 기준을 도출하고자 실증실험을 수행하였다.

3. 실험 방법

3.1 산책로 조명 실증실험 조건 설정

국내·외 보행자 조명기준으로 제시된 수평면 조도와 연직면 조도 중 산책로의 위치적 특성을 감안하여 실증 실험 시 조도 조건을 선정하였다. 산책로의 특성상 숲속, 들레길 등 자연속에 위치함을 감안하여 보행자 조명기준 중 교외/근린지역 기준을 준용하였다.

산책로의 안전을 위하여 보행자가 인지해야할 대상으로서는 장애물 및 단차, 대향 보행자 등이 있으며, 대상물을 인지한 후 회피를 위한 거리 4m를 기준으로 Table 10과 같이 실험 조건을 설정하였다.

노면에 위치한 장애물 및 단차의 인지정도 평가 시 노면환경 조건에 따른 영향을 평가하기 위하여 국내의 대표적인 산책로 노면환경인 흙바닥과 야자매트를 실험 시 노면환경 조건으로 하여 실험을 수행하였다.

Table 10. Empirical experiment conditions for trail testing

Target	Road surface	Distance (m)	Illuminance(lx)	
			Horizontal	Vertical
Obstacle(brick) / Sidwalk step	Soil / Palm-mat	2	0.5, 1.0, 2.0	-
		4	0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0	-
		6	0.5, 1.0, 2.0	-
Opposing pedestrian	-	2	-	0.1, 0.3, 0.5
		4	-	0.1, 0.3, 0.5
		6	-	0.1, 0.3, 0.5
		8	-	0.1, 0.3, 0.5

3.2 실험 환경 조성

실제 산책로와 동일한 환경 모사를 위하여 한국건설기

술연구원 연천SOC실증연구센터 내 비포장 흙길을 주간 에 Fig. 1과 같이 조성하였다. 조성한 산책로 측면에 조명을 평행하게 설치하였으며, 조명 간 거리는 10m이다.



Fig. 1. Trail road and lighting environment
(a) Road surface (b) Lighting installation

실험에 필요한 조도를 구현하기 위하여 실험 전 조도계를 활용하여 조명기구의 제어값에 따른 수평면 조도와 연직면 조도를 측정하였다.

수평면 조도 평가 시 인지 대상물인 장애물은 길이 190mm×폭 90mm×두께 57mm의 시멘트 벽돌을 사용하였으며, 해당 벽돌을 활용하여 높이 100mm의 노면 단차를 조성하였다. 흙바닥 조건과 야자매트 조건에서의 수평면 조도 실험환경은 Fig. 2와 같이 조성하였다.

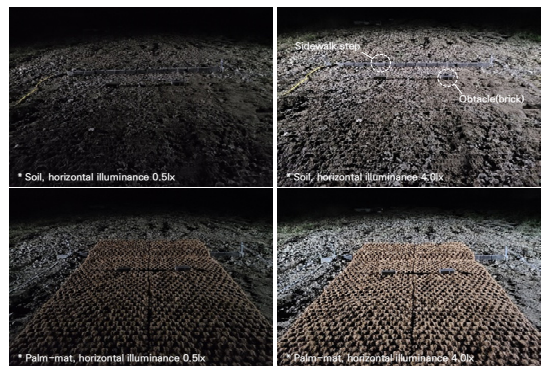


Fig. 2. Experimental trail surface and obstacle conditions according to horizontal illuminance

연직면 조도 평가 시 인지 대상물인 대향 보행자는 키 176cm의 성인 남성을 선정하였다. 얼굴 인지도에 영향을 주지 않도록 어두운 계열의 의상을 착용하였으며, 연직면 조도에 따른 대향 보행자 인지평가 실험환경은 Fig. 3과 같다.



Fig. 3. Opposing pedestrian status according to vertical illuminance

3.3 실험 방법

산책로 조명 조건에 따른 인지정도 평가 실험 방법은 Fig. 4와 같다. 조성된 수평면, 연직면 조도 조건에서 인지 대상물을 피실험자가 목측으로 인지하고 인지한 정도를 평가지에 기입하는 방법으로 실험을 진행하였다.

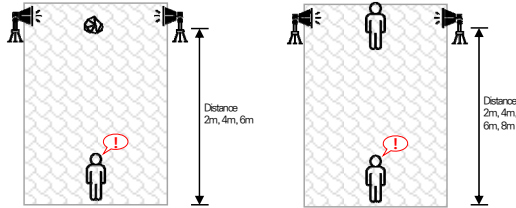


Fig. 4. Experimental method for assessing cognitive level according to trail illuminance conditions

수평면 조도 실험 시 사용한 평가지는 Table 11과 같이 인지정도에 따라 1~7 수준으로 구성하였다. 장애물(벽돌) 및 노면단차의 인지정도가 보통 수준인 경우 4를, 보일 듯 말 듯 한 경우 1, 아주 잘 보이는 경우 7을 선택하게 하였다.

Table 11. Horizontal illuminance experiment evaluation sheet

Degree of awareness						
1 (visible or not)	2	3	4 (moderate)	5	6	7 (very well)

연직면 조도 조건에서 실험 시 사용한 평가지는 Table 12와 같으며, 대향보행자 인지정도에 따라 1~15 수준으로 구성하였다. 가장 낮은 인지정도인 1은 몸의 윤곽이 낮게 인지되는 정도의 수준, 가장 높은 인지정도인 15는 대향자의 표정이 높게 인지되는 정도의 수준으로 정의하였다.

Table 12. Vertical illuminance experiment evaluation sheet

Degree of awareness														
body outline			face outline			eyes, nose, mouth			face			facial expression		
1 (L)	2 (M)	3 (H)	4 (L)	5 (M)	6 (H)	7 (L)	8 (M)	9 (H)	10 (L)	11 (M)	12 (H)	13 (L)	14 (M)	15 (H)

3.4 피실험자 조건

산책로 조명의 조도조건별 인지정도 평가는 평균 연령 50.7세의 총 36명의 피실험자에 의해 수행되었다. 표본 크기가 충분히 크다면(일반적으로 30 이상) 표본평균의 분포는 정규분포에 가까워진다는 중심 극한 정리에 따라 피실험자 집단에 의해 평가된 인지정도는 정규분포를 따른다고 가정하여 평균을 사용하였다. 피실험자 집단의 성별 및 연령대는 Table 13과 같으며, 교정시력은 Table 14와 같이 평균 1.0으로 집계되었다.

Table 13. Gender and age range of the subject group

Charecteristic		Number of subject	Propotion
Gender	Male	22	61.1%
	Female	14	38.9%
Age	70 ≤	2	5.5%
	60 ~ 69	11	30.6%
	50 ~ 59	9	25.0%
	40 ~ 49	5	13.9%
	30 ~ 39	5	13.9%
	20 ~ 29	4	11.1%

Table 14. Corrected visual acuity of the subject group

Corrected vision	Left	Right
Average	0.97	1.01
Standard deviation	0.20	0.21

4. 실험 결과

4.1 수평면 조도별 장애물 인지 평가 결과

수평면 조도에 따른 장애물 인지 평가 결과는 Table 15, Fig. 5와 같다.

Table 15. Obstacle recognition evaluation results according to horizontal illuminance

Target		Obstacle (brick)										
Distance		2m			4m				6m			
Horizontal illuminance(lx)		0.5	1.0	2.0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	0.5	1.0	2.0
Soil	Avg.	5.42	6.11	6.75	4.86	5.75	6.14	6.67	6.56	4.89	5.47	6.11
	Std.	1.52	1.24	0.64	1.60	1.34	1.21	0.75	0.96	1.49	1.26	1.22
Palm mat	Avg.	6.25	6.42	6.83	5.94	6.47	6.53	6.75	6.83	5.86	6.36	6.50
	Std.	1.21	1.16	0.50	1.15	0.80	0.93	0.72	0.55	1.38	1.03	0.90

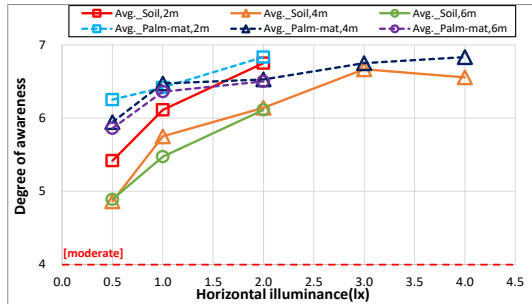


Fig. 5. Comparison of obstacle recognition according to horizontal illuminance

흙바닥 및 야자매트 노면환경에서 수평면 조도가 0.5lx 이상인 경우 보통(4) 이상의 장애물 인지정도를 보였다. 수평면 조도에 따른 인지정도를 평가한 결과 흙바닥, 야자매트 모두 수평면 조도가 증가할수록 장애물 인지정도 또한 증가하는 경향을 보였다. 동일한 노면환경 및 수평면 조도 조건에서 피실험자와 장애물간의 이격거리가 증가할수록 더 낮은 인지정도를 나타내었다. 동일한 이격거리, 수평면 조도에서 노면환경에 따른 인지정도를 비교해 본 결과 흙바닥 보다 야자매트에서 더 높은 인지정도를 보였다.

4.2 수평면 조도별 노면단차 인지 평가 결과

수평면 조도에 따른 노면단차 인지 평가 결과는 Table 16, Fig. 6과 같다.

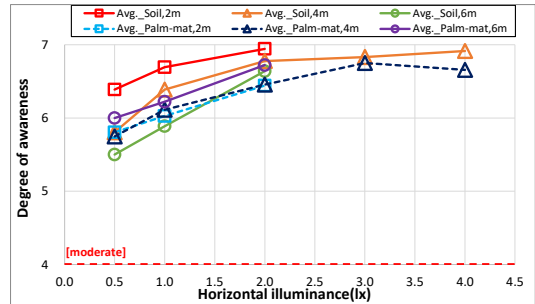


Fig. 6. Comparison of recognition of sidewalk steps according to horizontal illuminance

두 노면환경 및 0.5lx 이상의 수평면 조도 조건에서 보통(4) 이상의 높은 노면단차 인지정도를 보였다. 노면단차 또한 노면환경 및 이격거리가 동일한 조건에서 수평면 조도가 증가할수록 인지정도가 증가하는 경향을 보였다. 노면환경과 수평면 조도가 동일한 조건에서는 피실험자와 노면단차 간 이격거리가 증가할수록 더 낮은 인지정도를 보였다. 노면단차의 경우 동일한 이격거리 및 수평면 조도에서 야자매트 대비 흙바닥에서 더 높은 인지정도를 나타내는 경향을 보였으며, 이는 조성된 노면단차와 기존 노면 간의 색 대비에 의한 것으로 판단된다.

4.3 연직면 조도별 대향보행자 인지 평가 결과

연직면 조도에 따른 대향보행자 인지 평가 결과는 Table 17, Fig. 7과 같다.

Table 16. Recognition evaluation results of sidewalk steps according to horizontal illuminance

Target		Sidewalk step										
Distance		2m			4m				6m			
Horizontal illuminance(lx)		0.5	1.0	2.0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	0.5	1.0	2.0
Soil	Avg.	6.39	6.69	6.94	5.81	6.39	6.78	6.83	6.91	5.50	5.89	6.64
	Std.	0.83	0.66	0.23	1.13	0.83	0.53	0.50	0.28	1.57	1.29	0.85
Palm mat	Avg.	6.00	6.22	6.72	5.75	6.11	6.46	6.75	6.66	5.81	6.03	6.44
	Std.	1.29	1.18	0.69	1.30	1.09	0.97	0.76	1.07	1.60	1.46	1.17

Table 17. Opposing pedestrian recognition evaluation results according to vertical illuminance

Target	Distance	Vertical illuminance (lx)	Degree of awareness	
			Avg.	Std.
Opposing pedestrian	2m	0.1	11.36	3.05
		0.3	12.58	2.56
		0.5	13.42	2.07
	4m	0.1	7.67	3.22
		0.3	9.00	3.19
		0.5	10.83	2.48
	6m	0.1	5.25	2.41
		0.3	7.08	2.65
		0.5	8.61	2.57
	8m	0.1	4.56	2.39
		0.3	5.81	2.08
		0.5	6.78	2.03

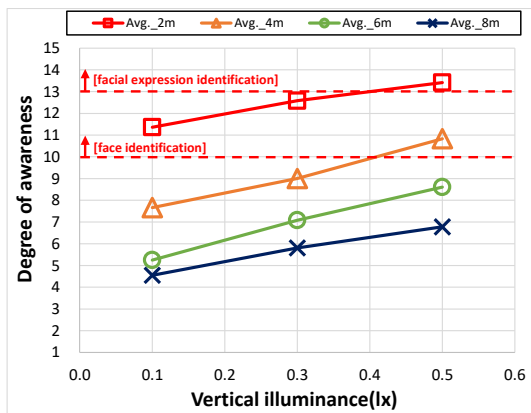


Fig. 7. Comparison of recognition of opposing pedestrians according to vertical illuminance

동일 연직면 조도 조건에서 이격거리가 적을수록 더 높은 인지정도를 보였으며, 동일 이격거리 조건에서 수평면 조도가 증가할수록 인지정도가 증가하는 경향을 보였다.

연직면 조도 0.5lx 기준 이격거리가 2m인 경우 대향보행자의 표정식별이 가능한 수준의 인지정도를 보였으며, 이격거리 4m의 경우 얼굴식별이 가능한 수준의 인지정도를 보였다. 이격거리 6m와 8m의 경우 0.5lx의 연직면 조도 조건에서도 얼굴식별이 불가능한 수준의 인지정도를 보였다.

5. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 산책로와 같은 생활건강공간의 야간 통행 안전을 위한 산책로 전용 조명 성능 기준을 규명하기

위한 실증실험을 수행하였다. 산책로 환경을 모사하기 위하여 국내의 대표적인 산책로 노면환경인 흙바닥, 야자매트에 대하여 각각 실험을 수행하였으며, 대상물로서 장애물(벽돌), 노면단차, 대향 보행자의 인지정도를 평가하였다. 산책로 조명의 수평면 조도, 연직면 조도에 따라 인지 대상물에 대하여 피실험자 36인이 인지정도를 평가하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 수평면 조도의 경우 흙바닥, 야자매트의 노면환경에서 장애물(벽돌), 노면단차를 인지를 위하여 0.5lx 이상인 경우 보통 이상의 인지정도를 나타내었다.
2. 인지 대상물과 피실험자 간 이격거리가 동일한 조건에서 수평면 조도가 증가할수록 인지정도가 증가하는 경향을 보였으나, 3.0lx 이상의 경우 흙바닥 환경에서는 인지정도가 다소 감소하였다.
3. 노면환경과 수평면 조도가 동일한 조건에서는 이격거리가 증가할수록 인지정도가 감소하였다.
4. 장애물(벽돌)의 경우 흙바닥 대비 야자매트에서 더 높은 인지정도를 보였으며, 노면 단차의 경우 야자매트 대비 흙바닥에서 더 높은 인지정도를 보였다.
5. 연직면 조도에 따른 대향보행자 평가 결과 연직면 조도가 증가할수록 인지정도가 증가하였으며, 대향보행자와 피실험자 간 이격거리가 증가할수록 인지정도가 감소하였다.
6. 대향보행자와 피실험자 간 이격거리 2m인 경우 연직면 조도가 0.1lx일 경우 대향보행자의 얼굴 식별이 가능하였으며, 0.5lx의 경우 대향보행자의 표정의 식별이 가능한 인지정도를 보였다.
7. 이격거리 4m의 조건에서 대향보행자의 얼굴식별을 위해서는 0.4lx 이상의 연직면 조도가 필요함을 도출하였다.

위 결과들을 종합적으로 판단하였을 때 산책로 조명의 적정 수평면 조도는 3.0lx 이하, 적정 연직면 조도는 0.4lx 이상(4m 기준)으로 판단된다.

다만, 얼굴 높이를 비추어야하는 연직면 조도는 빔광해 문제와 눈부심 문제로 실제 산책로, 둘레길 현장에서 적용이 어려울 수 있다.

본 연구는 제한된 환경에서 두 조건의 노면환경, 3~5 조건의 수평면 및 연직면 조도, 일률적인 크기의 장애물/노면단차 등에 대한 실험으로서 실제 산책로 환경이 아닌 조성된 환경에서의 실험으로 실제와 다소 차이가 있을 수 있다. 그러나 실험결과에 대한 경향은 실제와 유사한 수준일 것으로 판단된다.

향후, 등기구의 개수를 늘려 보다 넓은 범위의 실험구간을 구현하고 보다 실험조건을 실제와 유사하게 조성한다면 더욱 유의미한 결과가 도출 될수 있을 것으로 기대된다.

본 연구 결과를 토대로 향후 산책로 조명 개발 방향 정립에 기초자료로 활용하고, 더욱 다양한 실증연구가 동반되어 산책로 조명의 안전성과 유효성이 검증된다면, 산책로 조명에 대한 적정 기준 연구와 실제 산책로 조명의 설치, 확대가 더욱 활발해 질것으로 기대된다.

References

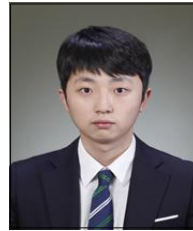
- [1] K. H. Byun, Y. D. Kim, "Installation Status of Information Facilities and Condition of Walking Road Influencing to Psychological Safety of Walking Tourists" *Journal of the Korean Institute of Rural Architecture*, Vol.18, No.3, pp.25-34, Aug. 2016.
DOI: <https://dx.doi.org/10.14577/kirua.2016.18.3.25>
- [2] Y. D. Kim, K. H. Byun, "A research on Safety and Dangerous Awareness of Environment on Walking trails" *Journal of the Korean Institute of Rural Architecture*, Vol.20, No.1, pp.45-52, Feb. 2018.
DOI: <https://dx.doi.org/10.14577/kirua.2018.20.1.45>
- [3] W. H. Park, Y. G. Chung, "An Analysis of the lighting Situation of Chungju Daegamee Sports Park" *The Journal of Korea Society of Lighting and Visual Environment*, Vol.1, No.1, pp.13-18, Jun. 2014.
DOI: <https://dx.doi.org/10.17069/kslve.2014.12.1.1.13>
- [4] E. H. Kim, S. B. Oh, B. W. Ko, "Parks' Lighting Measurement and Analysis for Lighting Plan around Waterfront in Jeju" *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.18, No.2, pp.116-122, Feb. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.2.116>
- [5] H. J. Kim, "Pedestrian lighting-related standards and pedestrian lighting design requirements in each country" *The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, Vol.29, No.6, pp.28-36, Nov. 2015.
- [6] KDS 34 50 60:2016, Landscape lighting facilities, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea, 2016.
- [7] KS A 3701:2014, Lighting for roads, Korea Industrial Standards Commission, Korea, 2019.
- [8] CIE 115:2010, Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic, International Commission on Illumination, Vienna, Austria, 2010.
- [9] BS EN 13201-2:2015, Road lighting part 2: Performance requirements, British Standards Institute, London, UK, 2003.
- [10] ASNI/IES RP-8-22:2022, Recommended Practice:Lighting

Roadway and Parking Facilities, Illuminating Engineering Society, Newyork, USA, 2022.

- [11] JIS Z 9111:1988, Lighting of roads, Japanese Industrial Standard, Japan, 1988.

박 기 수(Ki-Soo Park)

[정회원]



- 2017년 2월 : 한양대학교 공학대학원 교통공학과 (공학석사)
- 2016년 2월 ~ 2021년 1월 : 한국건설기술연구원 신진연구원
- 2021년 9월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 건설환경공학(박사과정)

<관심분야>

도로공학, 교통공학

박 원 일(Won-Il Park)

[정회원]



- 2016년 2월 : 과학기술연합대학원대학교 교통물류 및 ITS공학과(공학석사)
- 2020년 8월 : 서울대학교 일반대학원 건설환경공학부 (공학박사수료)
- 2016년 1월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 전임연구원

<관심분야>

교통안전, 자율주행, 교통공학

정 준 화(Jun-Hwa Jeong)

[정회원]



- 1991년 2월 : 서울대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2001년 8월 : 서울대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 1990년 10월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 선임연구위원

<관심분야>

도로안전, 스마트인프라시스템, 교통공학