

악천후 도로 시인성 개선을 위한 발광 차선 적용성 평가

이석기^{1,2}, 박원일¹, 박기수^{1,2}, 김용석^{1*}

¹한국건설기술연구원 도로교통연구본부, ²과학기술연합대학원대학교 건설환경공학부

Applicability Evaluation of Photoluminescence Lane Marking for Road Visibility Enhancement

Sukki Lee^{1,2}, Wonil Park¹, Kisoo Park^{1,2}, Yongseok Kim^{1*}

¹Department of Highway&Transportation Research,

Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

²Civil & Environmental Engineering, University of Science & Technology

요약 도로 교통사고로 인한 재산상의 피해 및 심리적 상실감을 감안 시 교통사고 방지를 위한 시급한 대책이 절실한 실정이다. 안개나 강우 등 기상 악천후는 도로 교통사고를 유발하는 주요 원인 중 하나이기 때문에 악천후 대응이 가능한 안전시설 설치로 사고를 미연에 방지할 필요가 있다. 본 연구는 도로 노면표시의 시인성을 향상시킬 수 있는 대안 기술로 발광 물질을 활용한 도로 노면표시의 현장 적용성을 평가한 연구이다. 현재 도로 노면표시 재료로 가장 빈번하게 사용되는 글라스비드 인입 재귀반사식 노면표시와 대비하여, 정상 기상 및 악천후 기상조건 환경에서 휘도를 척도로 시인성을 비교하였다. 평가결과, 차량 전조등이 없는 경우는 정상, 안개, 강우 조건 각각에 대해 4.57배, 4.73배, 4.1배의 시인성 향상을 나타냈으며, 차량 전조등이 있는 경우는 세 가지 조건에서 각각 1.07배, 1.39배, 1.02배의 시인성 향상을 나타냈다. 본 연구는 발광 재료를 사용한 노면표시가 현재 글라스비드에 비해 다양한 기상조건에서 우수한 시인성을 나타냄을 실증실험을 통해 규명하였고 기상악천후에 따른 시인성 저하 정도를 정량적으로 규명하였다. 향후 발광형 노면표시에 대한 비용효과적인 현장 적용 방안이나 장기 내구성에 관련한 추가적인 연구가 필요할 것으로 본다.

Abstract Considering the property damage and psychological disorder resulting from traffic accidents, urgent remedies are highly required for preventing them. Adverse weather such as fog and rain conditions has been regarded as one of the critical factors of a traffic accident, so weather-responsive road safety facilities need to be installed. This study examined the applicability of pavement markings by utilizing a phosphorescent substance for visibility enhancement in response to adverse weather conditions. The markings were compared with widely used glass-bead encapsulated retro-reflective pavement markings to evaluate the visibility performance in terms of luminance using real road-scale facilities for adverse weather simulation. As a result, the visibility was improved by factors of 4.57, 4.73, and 4.1 under clear, fog, and rain conditions in the absence of vehicle headlights and by factors of 1.07, 1.39, and 1.02 in the presence of vehicle headlights, respectively. From study results, we validated the superior visibility performance of the photoluminescence lane marking compared to glass-bead encapsulated pavement markings. We also quantitatively evaluated the visibility degradation due to adverse weather compared to normal clear weather conditions. We recommended a cost-effectiveness study for site selection and long-term material robustness for future studies.

Keywords : Road Safety, Adverse Weather, Visibility, Pavement Marking, Photoluminescence Lane

본 논문은 국토교통부 / 국토교통과학기술진흥원 국가연구개발사업의 지원으로 수행되었음.

(과제번호 : 22POQW-B152734-04, 과제명 : 외부자금 감응형 자체 발광형 도로 노면표시 기술 개발)

*Corresponding Author : Yongseok Kim(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)

email: safey@kict.re.kr

Received January 9, 2023

Revised February 8, 2023

Accepted March 3, 2023

Published March 31, 2023

1. 서론

2021년 도로 교통사고로 사망자 2,916명이 발생하고 부상자가 291,608명이 발생하였다[1]. 교통사고는 재산상의 피해뿐만 아니라 개인의 심리적 상실감을 유발하는 문제로 시급한 대책이 필요한 사회 문제이다[1].

특히 영종대교 106중 추돌사고 등 악천후 교통사고는 정상 기상 대비 사고의 심각성이 큰 특징이 있으며, 교통사고 통계에 따르면 정상 기상에서 발생한 교통사고 치명상(사고 100건당 사망자 수)은 1.4임에 비해 우천 시에는 1.42배, 안개 시에는 3.42배 높은 특징을 갖고 있어 악천후 대응이 가능한 안전시설 설치로 사고를 미연에 방지할 필요가 있다[2].

악천후 대응 안전시설로는 조명시설, 노면표시, 시선 유도시설 등이 있으며, 본 연구는 노면표시(차선)를 연구 범위로 하였다. 노면표시는 도로를 따라 연속성을 가지고 설치되어 도로 선형변화를 운전자가 사전에 인지할 수 있도록 도와주는 교통안전시설이며, 규제(중앙선 등), 지시(방향), 안내(노면 속도표시 등) 기능을 하는 안전시설이다.

현재 노면표시 재료로 가장 보편적으로 사용되는 형식은 글라스비드를 도로와 혼합한 재귀반사식(차량 전조등 빛을 운전자 방향으로 다시 돌려서 시인성을 확보하는 방식) 노면표시인데, 강우로 인해 수막이 형성되는 경우는 사실상 시인성 확보가 불가능하여 대안이 시급한 실정에 있다.

특히, 재귀반사식 노면표시는 Fig. 1에 보인 바와 같이 반드시 차량의 전조등이 조사되는 환경에서 시인성이 확보되는 구조를 가지고 있고, 이로 인해 전조등 조사 범위를 벗어나는 경우에는 충분한 시인성을 확보하는데 한계가 있다.

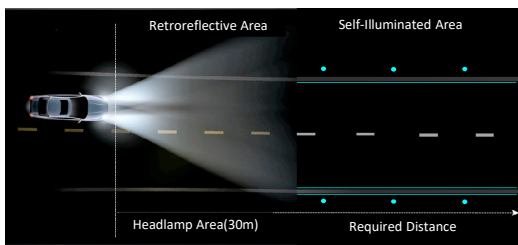


Fig. 1. Limitation of Retro-reflective Pavement Marking

이러한 한계를 극복하기 위해 주간에 태양빛을 흡수하거나 야간에는 차량 전조등 빛을 흡수하여 축광과 발광

을 통해 시인성을 제공하는 축광물질 노면표시 개발이 시도되었으며, 본 연구는 악천후 기상조건에서 글라스비드 기반 재귀반사식 노면표시와 축광 물질을 사용한 발광형 노면표시에 대한 시인성을 비교 평가하였다.

현재 발광형 노면표시의 시인성에 관한 국내 및 국외에도 성능평가 규정이 없기 때문에 도로조명, 도로전광표지 등 자체적으로 빛을 방출하는 대상물의 성능을 측정하는 성능지표인 휘도를 통해 그 성능을 측정하였다. 특히 기상 재현 강도를 현실과 유사한 수준으로 유지할 수 있도록 실도로 규모의 기상환경 재현 실증시설을 활용하여 안개와 강우조건을 재현하고 시인성 평가를 수행하였다.

기상조건별(정상/안개/강우) 재귀반사식 노면표시와 발광형 노면표시 간 휘도 성능 차이를 규명하고, 전조등 유무 조건별 정상 기상 대비 악천후 조건에서의 대안기술별 휘도 성능 저하를 규명하여 제시하였다.

2. 선행연구 고찰

2.1 악천후 시 교통사고 위험

강우나 안개 등 악천후는 운전자의 시·지각 정보 취득에 장애를 주어 교통사고의 원인을 제공한다. 강우, 안개, 야간 등 악천후 및 저조도 환경은 교통사고의 원인을 제공하는데 특히 안개 시 교통사고는 후미추돌사고를 유발하기 때문에 여러 대의 차량이 포함된 다중 차량 사고가 빈번한 특징이 있다[3].

또한, 정상 기상 대비 강우 조건에서 교통사고 위험이 70% 수준으로 증가하는 것으로 보고되고 있다[4]. 강우 조건에서 교통사고의 주된 요인은 1) 노면의 상태가 정상기상에 비해 차이가 있고, 2) 강우가 포장면과 차선 간의 밝기 대비를 줄이며, 3) 차량의 전면 유리창에 떨어지는 물방울이 운전자의 시각 정보 취득에 어려움을 주기 때문이다.

2.2 재귀반사식 노면표시의 한계점

재귀반사식 노면표시는 앞서 기술한 바와 같이 차량 전조등에 의존하기 때문에 전조등 조사범위 밖에서 시인성 확보가 사실상 한계가 있고, 강우시 수막 영향을 최대한 줄이기 위해 글라스비드의 지름을 키운 고규격 비드를 적용하는 기술이 개발되었으나 폭우 등 강우 강도가 높은 기상 조건에서는 지름이 작은 글라스비드를 사용하는 경우와 동일하게 재귀반사의 효율을 크게 낮추는 결과를 초래한다.

실제 기상 환경을 재현하고 다양한 재귀반사식 노면표시의 시인거리를 평가한 연구의 결과에서도 정상조건 대비 강우조건에서는 평균 50.1%, 안개 조건에서는 46.8%가 저하됨을 제시하였다[5]. 또한 글라스비드를 포설한 차선은 시공 후 일정기간이 경과한 후에는 교통량, 날씨 등의 영향을 받아 마모와 탈리 등으로 인해 품질이 급격하게 저하되는 문제가 발생한다.

2.3 축광물질 적용 발광형 노면표시 개발동향

축광 물질은 무기안료의 일종으로 형광 물질과 기본성질은 동일하나 빛이 차단된 상태에서도 축적된 빛에너지를 일정한 시간동안 다시 방출하는 성질측면에서 차이가 있다. 흡수할 수 있는 에너지원으로는 태양광(자연광)이나 형광등(인조광) 등이 있다.

소방 등 재난 산업 분야에서는 축광 물질을 사용한 피난유도선이 활용되고 있으며, 소방청 기준으로 시설의 성능을 규정하고 있다[6]. 반면, 도로교통 안전 분야에서는 성능 기준 등 법제도가 정비되지 못하여 실 도로에 적용된 사례는 없으나, 재료 개발이나 시인성능에 관한 지속적인 연구 개발이 진행 중인 실정이다.

국내에서는 비드를 대체하기 위해, 축광 캡슐을 도로와 함께 사용하는 발광형 차선을 비롯해 여러 실내실험을 통한 발광형 차선 시험체가 개발되고, 고속도로 상에 시험 시공 되고 있으나 다양한 실험이 추가적으로 진행되어야 할 필요성이 언급되고 있다[7-9].

도로교통공단 교통과학연구원은 축광물질을 적용한 교통안전표지 및 노면표시에 관한 연구를 수행한 바가 있다[10]. 이 연구에서는 축광 물질을 도로교통 안전분야(Fig. 2의 교통안전표지 및 노면표시)에 적용하기 위한 축광 재료의 최적 배합기술, 노면표시 도료 및 축광안료 융합 기술 등을 연구하였으나 악천후 기상조건에 대한 성능 검증은 이루어지지 않았다. 따라서 연구개발과 더불어 축광 물질 적용 노면표시에 대한 지속적인 검증 노력이 필요한 실정이다.

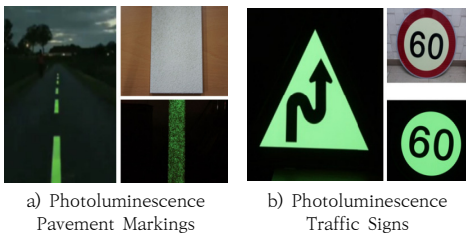


Fig. 2. Road Traffic Industry Applications of Photoluminescence Materials[10]

2.4 시사점

악천후 교통사고 심각성을 감안 시, 악천후 대응 노면표시(차선) 기술 개발이 시급한 실정이지만 단순히 글라스비드의 제원을 키우는 수준으로는 폭우 등 기상악화에 따른 수막과 이로 인한 시인성 저하를 근본적으로 해결하기에는 역부족이다.

차량 전조등에 의존하지 않고 주간 및 야간에 자연광 또는 인공광원(조명/차량 전조등)을 축광하고 다시 발광하는 구조로 차선 시인성을 향상하는 발광형 노면표시에 대한 연구개발이 현재 진행 중이나 악천후에 취약성을 갖는 재귀반사식 노면표시에 비해 그 성능이 확실하게 향상되었는지를 검증하는 연구는 없었다.

따라서 본 연구는 실 도로 규모의 악천후 기상재현 환경을 조성하고 재귀반사식 노면표시와 발광형 노면표시의 시인성능을 평가함으로써 발광형 노면표시가 악천후에 상대적으로 우수한 시인 성능을 갖는지를 비교적으로 평가하였다.

3. 실험 방법

3.1 실 규모 기상재현 실증 실험장

본 연구는 실 도로 규모(왕복 2차로)의 악천후 기상환경을 재현하기 위해 한국건설기술연구원 연천 SOC 실증 연구센터 내 실험장을 활용하였다(Fig. 3). 본 연구에서 재현하는 경우는 터널 구조물 내 100m 구간에 조성하였으며 안개의 경우는 터널 구조물 내 200m 구간에 조성하였다. 실험은 야간에 수행되었으며, 실험장 외부는 미개발 지역으로 건물조명 등 간섭광이 없는 조도 환경에서 실증실험을 수행하였다.



Fig. 3. Adverse Weather Proving Ground: Yeoncheon SOC Research Center

3.2 악천후 기상 조건 구현

본 연구는 기상악천후 조건을 크게 안개와 강우로 구분하여 재현하였다. 안개 농도는 가시거리 30~50m 수준으로 제어하였으며, 강우강도는 시간당 30mm 수준으로 재현하였다.

안개 분사는 터널 구조물 내 도로를 따라 양측으로 설치된 20개의 안개 분사장치로부터 동시에 안개 입자를 분사하고, 현장 설치된 시정계를 이용하여 목표 농도(시정거리 30~50m)를 관리하였다. Fig. 4는 안개 조건을 재현한 상황이다. 안개 재현강도는 국토교통부 4단계 안개 시정거리 분류에서 '심각' 상태로 분류되는 시정거리 50m 이내 짙은 안개 조건을 참조하여 정하였다[11].



Fig. 4. Foggy Weather Conditions in the Test Section

강우 재현 강도는 집중 호우 상황을 모사하기 위해 국립기상과학원에서 제시한 국내 평균 강수강도 15.7mm/h의 약 2배에 해당하는 30mm/h의 환경을 Fig. 5와 같이 조성하였다[12].

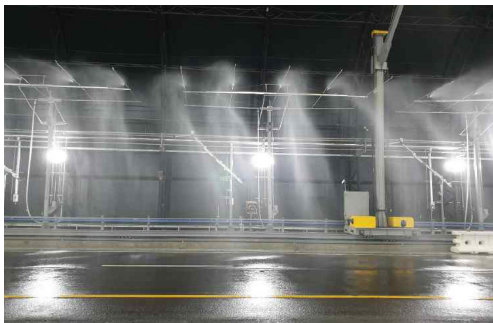


Fig. 5. Rainfall weather conditions in the test section

3.3 차선 조건

재귀반사식 노면표시와 발광형 노면표시를 비교하기 위한 실험시료를 설치하였다. 재귀반사식 노면표시는 KS M 6080 5종 규격의 상온경화형 acrylic 계열의 바인더가 적용된 백색차선을 새롭게 설치하고, 완전 건조 후 발광형 차선을 도포하였다. 발광형 차선에 적용된 발광체는 고효율 발광 및 장잔광 특성을 갖는 SrAl₂O₄계 발광체를 적용하였으며, 입도 약 70um, 흡수파장 365nm, 발광파장 525nm의 특징을 갖는다.

발광형 노면표시는 백색차선 표면의 일부 영역(폭 3cm)에 도포하였으며, 시험 시공된 차선 조건은 Fig. 6과 같다.



Fig. 6. Test Specimen

재귀반사식 노면표시의 시인성능은 경찰청 교통노면표시 설치·관리 매뉴얼[13]에서 규정하고 있어, 실험시료를 3구간으로 분할하고 발광차선 도포 전에 재귀반사계수 측정장비(Delta 사 제조)를 활용하여 국가 규정 만족 여부를 확인하였다(Table 1 참조).

Table 1. Retroreflective Marking Test Results

Coefficient of Retro-reflected Luminance (RL)	Reference Value (National Standard)	Pass/Fail
302 (N=3, s.d.=7.6)	240	Pass

3.4 휘도 측정 방법

재귀반사식 노면표시의 시인성능은 국가 규정에 정의되어 평가가 가능하지만, 발광형 노면표시의 경우는 국내 및 국외에도 성능평가 규정이 없기 때문에 발광형 노면표시의 시인성능을 동일한 평가척도로 사용할 수 없다. 이런 이유로, 본 연구는 도로조명, 도로전광표지 등 자체적으로 빛을 방출하는 대상물의 성능을 측정하는 성능지표인 휘도를 통해 그 성능을 측정하였다. 특히, 본 연구에서는 발광형 차선 자체의 발광 성능을 평가하기

위해 재귀반사식 노면표시 영역과 발광형 노면표시 영역 내 특정 지점을 구획하고, 높이 8.5m에서 동영상 휘도계인 ELF-SYSTEM을 사용하여 휘도를 측정하였다(Fig. 7 참조).

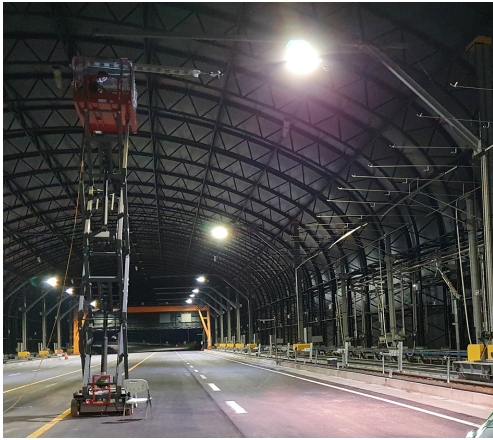


Fig. 7. Luminance measurement method in the test section (height 8.5m)

휘도 측정 결과(프로그램 결과화면) 화면은 Fig. 8과 같다. 실험 시료를 3구간으로 분할하고 다시 재귀반사식 노면표시 영역과 발광형 노면표시 영역 내 세 지점의 휘도를 기상조건별로 측정하였다.

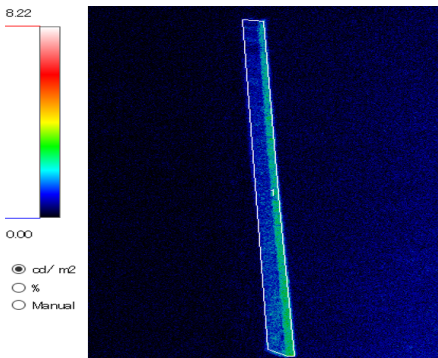


Fig. 8. Luminance Measurement Image

4. 결과 및 고찰

4.1 악천후 휘도 성능 비교

차량 전조등 조사 유무에 따른 기상조건별 재귀반사식 노면표시(Retro-reflective)와 발광형 노면표시(Photolumi-

nescent)의 휘도 측정 결과는 Table 2와 같다.

분석 결과, 차량 전조등 조사조건에서는 모든 기상조건에 대해 휘도가 증가한 결과를 나타냈다. 차량 전조등이 조사되지 않은 조건에서 발광형 노면표시의 휘도는 재귀반사식 노면표시에 비하여 정상기상, 안개, 강우 조건별 각각 4.57배, 4.73배, 4.1배 시인성능이 증가한 결과를 나타냈다. 차량 전조등이 조사된 조건에서 발광형 노면표시의 휘도는 재귀반사식 노면표시에 비하여 정상기상, 안개, 강우 조건별 각각 1.07배, 1.39배, 1.02배 시인성능이 증가한 결과를 나타냈다.

실증 실험 결과를 볼 때, 재귀반사식 노면표시에 비해 발광형 노면표시가 모든 기상 조건에 대해 시인성능을 크게 향상시키는 것으로 나타났으며, 악천후 대응 노면표시의 대안기술로써 현장 적용성을 입증하였다.

Table 2. Luminance Measurement Results

Vehicle Headlight Presence	Types	Luminance by Weather Conditions(cd/m ²)		
		clear	fog	rain
Off	Retroreflec-tive	0.21	0.11	0.1
	Photolumi-nescent	0.96	0.52	0.41
	Increased Rate	4.57	4.73	4.1
On	Retroreflec-tive	2.32	1.11	1.11
	Photolumi-nescent	2.49	1.54	1.13
	Increased Rate	1.07	1.39	1.02

4.2 기상에 따른 휘도 성능 저하

정상 기상에 비해 악천후 조건에서 재귀반사식 노면표시와 발광형 노면표시 모두 시인성능이 저하되는 결과를 나타냈다.

차량 전조등을 조사하지 않은 조도 조건에서 정상 기상 측정된 휘도 값을 100(베이스라인)으로 두고 휘도 감소율을 산정한 결과는 Fig. 9와 같다. 재귀반사식 노면표시의 경우는 안개 조건에서 46%, 강우 조건에서 57%가 감소된 것으로 나타났다. 발광형 노면표시의 경우는 안개 조건에서 48%, 강우 조건에서 52%가 감소된 것으로 나타났다.

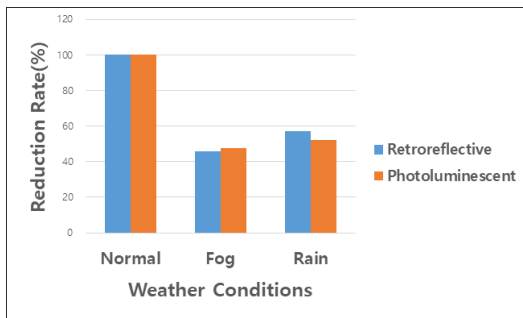


Fig. 9. Luminance Reduction Rate by Weather Condition

차량 전조등을 조사한 조도 조건에서 정상 기상 측정된 휘도 값을 100(베이스라인)으로 두고 휘도 감소율을 산정한 결과는 Fig. 10과 같다. 재귀반사식 노면표시의 경우는 안개 조건에서 38%, 강우 조건에서 55%가 감소된 것으로 나타났다. 발광형 노면표시의 경우는 안개 조건에서 52%, 강우 조건에서 52%가 감소된 것으로 나타났다.

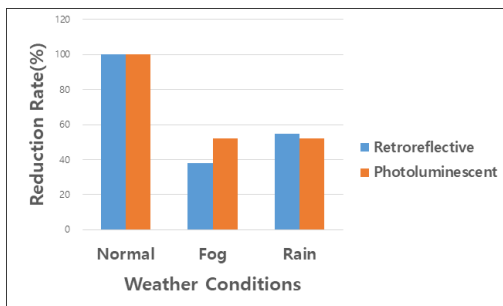


Fig. 10. Luminance Reduction Rate by Weather Condition

실증 실험 결과를 볼 때, 정상 기상조건에 비해 재귀 반사식과 발광형 노면표시 모든 경우에 있어 시인성능(휘도)이 크게 저하되는 결과를 나타냈다. 다만, 본 연구의 범위로는 휘도 저하 값과 실제 운전자 관점의 시·지각 정보 취득 간에 인과관계를 규명할 수 없기 때문에 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 본다.

5. 결론 및 향후 연구

영종대교 106중 추돌 사고 등 악천후 교통사고 심각성을 감안 시, 악천후 대응 교통안전시설 개발이 시급한 실정이지만 현재 보편적으로 사용되는 재귀반사식 노면표시는 1) 차량 전조등의 조사범위를 벗어나는 경우에 재귀반

사 기능이 현저하게 저하되는 문제, 2) 집중 호우 시 수막에 의해 재귀반사 효율을 크게 낮추는 문제가 있었다.

본 연구는 현 재귀반사식 노면표시가 갖는 문제점을 극복하기 위해 주간에는 태양빛을 야간에는 조명이나 차량 전조등 빛을 축광하여 자체 발광하는 구조의 축광물질을 활용한 발광형 노면표시에 대한 기술 고찰과 실제 발광형 노면표시 시료를 설치하고 야간 악천후 환경에서 기존 재귀반사식 노면표시와 휘도를 이용하여 시인성능을 비교 평가하였다.

본 실증실험 결과, 기상 악천후 조건에서 기존 재귀반사식 노면표시에 비해 발광형 노면표시의 시인성능이 크게 향상됨을 정량적으로 규명하였으며, 두 재료 모두 정상 기상 대비 악천후에서는 성능이 저하됨을 확인하였고 이를 정량화하여 제시하였다.

다만, 본 연구에서 도출된 시인성능은 휘도라는 광학 지표를 사용한 평가이기 때문에 측정된 휘도값과 실제 운전자의 시·지각 정보 취득 간에 연계성은 향후 추가적인 실증실험을 통해 정립해 나갈 필요가 있다.

아울러, 현재 발광형 노면표시에 대한 국가 성능 기준이 없는 실정으로 법제도적인 측면의 보완 연구가 필요한 실정이며, 향후 발광형 노면표시에 대한 비용효과적인 현장 적용 방안이나 장기 내구성에 관련한 추가적인 연구가 필요할 것으로 본다. 발광형 노면표시에 대한 국가 성능 기준 제정을 위해서는 반사성능 기준과 실제 운전자 관점의 시인성능 간 관계 규명을 위한 실험 데이터 확보가 추가적으로 이루어져야 한다.

References

- [1] Road Traffic Authority, Statistical analysis of traffic accidents for the 2022 version (statistics for 2021), 2021.
- [2] Road Traffic Authority, Statistical analysis of traffic accidents for the 2021 version (statistics for 2020), 2020.
- [3] M. Abdel-Aty, A. Ekram, H. Huang, k. Choi, "A study on crashes related to visibility obstruction due to fog and smoke," *Acci. Anal. Prev.*, vol. 43, pp. 1730-1737, Sept. 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.04.003>
- [4] J. Andrey, S. Yagar, "A Temporal Analysis of Rain-related Crash Risk", *Journal of Accident Analysis and Prevention*, Vol. 25, pp. 465-472, 1993.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(93\)90076-9](https://doi.org/10.1016/0001-4575(93)90076-9)
- [5] S. K. Lee, W. I. Park, M. S. Jin, Y. S. Kim, "Relationship Between Pavement Marking Types and

Visibility Distance Under Adverse Weather Conditions”, International Journal of Highway Engineering, Vol.22, No.5, pp.85-93, Oct. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.7855/IJHE.2020.22.5.085>

- [6] National Fire Agency(2017), Technical standard on the performance certification and product examination of evacuation guidance line.
- [7] Y. M. Lee, H. R. Kim, S. T. Kim, "A Study on the Application of Glow Line Marking Technology Development for Reducing Traffic Accidents as Nighttime", International Journal of Highway Engineering, Vol.17, No.3, pp.59-68, Jun. 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7855/IJHE.2015.17.3.059>
- [8] Y. Yi, M. Lee, K. Choi, "Effectiveness Analysis of Phosphorescent Pavement Markings for Improving Visibility and Design Standards: Focusing on Expressway Accident Hot Spots", Journal of the Korean Society of Civil Engineers, Vol.36, No.4, pp.685-694, Aug. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.12652/Ksce.2016.36.4.0685>
- [9] Y. Yi, K. Lee, S. Kim, K. Choi, "Effectiveness Analysis and Application of Phosphorescent Pavement Markings for Improving Visibility", Journal of the Korean Society of Civil Engineers, Vol.37, No.5, pp.815-825, Oct. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.12652/Ksce.2017.37.5.0815>
- [10] Korea Road Traffic Authority(2014), Study on Traffic Safety Signs Development utilizing Phosphorescent substance, Vol. 34.
- [11] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Manual for Fog Related Traffic Accident, 2015.
- [12] J. W. Kim, K. O. Bu, J. T. Choi, Y. H. Byoen, 100 Years of Climate Change on the Korea, Ministry Institute of Meteorological Sciences, 2018, p.17.
- [13] Korea National Police Agency, Traffic Signal Setting and Management Manual, 2020.

이 석 기(Sukki Lee)

[정회원]



- 2003년 8월 : 단국대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2014년 8월 : 단국대학교 토목환경공학과 (공학박사)
- 2003년 8월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

- 2021년 3월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 건설환경공학부 교수

<관심분야>

교통안전, 자율주행, 교통공학

박 원 일(Wonil Park)

[정회원]



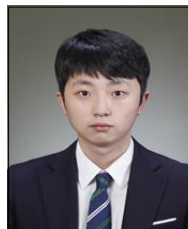
- 2016년 2월 : 과학기술연합대학원대학교 교통물류 및 ITS공학과 (공학석사)
- 2020년 8월 : 서울대학교 일반대학원 건설환경공학부 (공학박사수료)
- 2016년 1월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 전임연구원

<관심분야>

교통안전, 자율주행, 교통공학

박 기 수(Kisoo Park)

[정회원]



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

<관심분야>

도로공학, 교통공학

김 용 석(Yongseok Kim)

[정회원]



- 1994년 2월 : 아주대학교 일반대학원 교통공학과 (공학석사)
- 2002년 2월 : 서울시립대학교 일반대학원 도시공학과 (공학박사)
- 1994년 4월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>

도로안전, 교통공학