

# 노면표시 색상에 따른 최소재귀반사성능 연구

## Study on the Minimum Recursive Reflection Performance according to the Color of Road Surface

한 음\* · 강 종 호\*\* · 김 청 호\*\*\* · 박 성 호\*\*\*\* · 윤 일 수\*\*\*\*\*

\* 주저자 : 도로교통공단 교통공학연구처 선임연구원  
 \*\* 공저자 : 도로교통공단 교통공학연구처 책임연구원  
 \*\*\* 공저자 : 도로교통공단 안전시설검사부 대리  
 \*\*\*\* 공저자 : 아주대학교 교통공학과 박사과정  
 \*\*\*\*\* 교신저자 : 아주대학교 교통시스템공학과 교수

Eum Han\* · Jong Ho Kang\*\* · Cheong Ho Kim\*\*\* · Sungho Park\*\*\*\* · Ilsoo Yun\*\*\*\*\*

\* Dept. of Transportation Engineering Research, Korea Road Traffic Authority  
 \*\* Dept. of Transportation Engineering Research, Korea Road Traffic Authority  
 \*\*\* Dept. of Transportation Engineering Research, Korea Road Traffic Authority  
 \*\*\*\* Dept. of Transportation System Engineering, Univ. of Ajou  
 \*\*\*\*\* Dept. of Transportation System Engineering, Univ. of Ajou  
 † Corresponding author : Ilsoo Yun, ilsooyun@ajou.ac.kr

Vol.19 No.6(2020)

December, 2020

pp.37~48

pISSN 1738-0774

eISSN 2384-1729

<https://doi.org/10.12815/kits.2020.19.6.37>

Received 11 November 2020

Revised 4 December 2020

Accepted 17 December 2020

© 2020. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

### 요 약

도로교통법 시행규칙과 단체표준에서 정하고 있는 8가지 색상에 대해 건조 시와 습윤 시의 최소재귀반사성능 기준 확보를 위한 현장실험을 실시하였으며, 백색 건조 시에는 260.8(mcd/m<sup>2</sup>·lux), 습윤 시에는 154.6(mcd/m<sup>2</sup>·lux)으로 결과가 산출되었다. 황색의 경우는 건조 시 백색의 반사성능 대비 황색, 가호1호에서는 67%, 가호2호에서는 63% 수준이다. 습윤 시는 각각 79%와 59% 수준으로 나타났다. 청색의 경우에는 백색대비 가호1호에서는 64% 수준이며, 가호2호에서는 72%이다. 습윤 시는 각각 63%와 72% 수준으로 나타났다. 습윤 시의 반사성능 변화 폭이 건조 시보다 높으며, 유리알이 없는 경우도 이전의 결과와 비슷하게 나타났다. 신규색상이 적색, 주황색, 분홍색, 연한 녹색, 녹색의 경우에도 백색 대비 50% 이상의 기준값을 가지는 것으로 분석되었으며 이를 토대로 도로교통법 시행규칙에 노면표시 색상에 따른 최소반사성능 기준 마련의 토대가 될 것으로 판단된다.

핵심어 : 노면표시, 재귀반사성능, 색상, 색깔유도선

### ABSTRACT

Eight colors prescribed by the Enforcement Rules of the Road Traffic Act and the group standard were tested to secure the minimum recursive reflectance performance standards when drying and wetting. The results were calculated to be 260.8 (mcd/m<sup>2</sup>·lux) when drying white and 154.6 (mcd/m<sup>2</sup>·lux) when wet. Yellow was 67% compared to the white reflective performance when drying. Wet poetry was 79 % and 59 %, respectively. In the case of blue, it was 64% in the case of white versus 72% in the case of white. Wet poetry was 63 % and 72 %, respectively. The range of changes in reflective performance during wetting was higher than when drying, and the absence of glass grains was similar to the previous results. The new colors also have a standard value of more than 50% compared to the white color in red, orange, pink, light green, and green. Based on this, it was

estimated that the minimum reflective performance criteria according to the color of the road markings would form the basis for the enforcement rules of the Road Traffic Act.

Key words : Road markings, Reflectance performance, Color, Colour induction line

## I. 서 론

### 1. 배경 및 필요성

노면표시는 운전자 및 도로 이용자에게 매우 중요한 교통안전시설이다. 특히 야간이나 우천 시 차선 등의 노면표시가 제대로 인식되지 않는 문제점은 꾸준히 제기되고 있다. 경찰청에서는 「도로교통법 시행규칙」을 개정, 보완을 통해 해당 내용을 개선하고자 하였다. 개정된 내용을 살펴보면 “노면표시를 할 때에는 시간대나 기상상태 등에 관계없이 운전자 및 보행자에게 잘 보일 수 있도록 성능이 우수한 반사 재료를 사용하거나 반사장치를 해야 한다.”라고 노면표시 재료의 품질 측면을 강화하였다.

노면표시는 교통안전표지 등 교통안전시설물과 유기적 결합을 통해 교통사고 예방 및 원활한 소통을 위해 규제와 지시 등의 의무, 노면의 상태, 통행방법 등에 대한 정보를 전달한다. 「도로교통법」에서는 노면표시에 대해 규제와 지시를 제시하고 있고, 교통노면표시 설치·관리 매뉴얼에서는 법에서 정하지 못한 설치기준 등에 대해 제시하여 운영 중에 있다. 그러나 일부 도로관리청에서는 도로 이용자의 안전을 위해서 「도로교통법」 범위 내에 포함되지 않는 교통노면표시를 일부 설치하여 운영하고 있다. 버스정차구획선이나 노면색갈유도선이 이에 해당된다. 또한 신규 교통노면표시의 색상 및 허용오차, 반사성능 기준이 아직 정해져 있지 않으며, 또한 도색종류별 재귀반사성능의 기준 등이 현실과는 다르게 설치·운영되는 경우가 지자체별로 발생할 수 있어 채도 색 등 향후 운영관리가 다르게 이루어질 수 있는 문제점이 있다. 따라서 「도로교통법 시행규칙」 및 「교통노면표시 설치·관리 매뉴얼」에 신규노면표시의 도입과 색상 및 재귀반사성능에 대한 개정이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 교통노면표시의 재귀반사성능에 대해 문헌고찰, 현장시험 결과를 바탕으로 「도로교통법 시행규칙」 및 「교통노면표시 설치·관리 매뉴얼」에 대한 개정을 목적으로 하고 있다. 세부적으로는 시행규칙에서 제시하고 있는 교통노면표시에 대해 지침 및 기준을 검토하여 현행화를 수행하고, 신규 도입될 것으로 예상되는 노면표시의 색상에 관한 반사성능 시험 및 도색종류별 반사성능 변화시험 결과를 토대로 교통노면표시에 대한 성능 등을 개선하고자 하였다.

### 2. 연구 방법론

본 연구의 연구방법 및 수행범위는 다음과 같다.

첫째, 이미 국내에 도입되어 적용되어 있으나 설치 기준에 관한 내용이 정립되지 못한 노면표시와 타 부처 매뉴얼 내용이 도로관리기관, 지방자치단체 등의 자체 기준에 의해 시행되고 있는 사항을 「도로교통법」에서 적용하기 위해 관련 지침 및 기준을 검토한 후 「도로교통법 시행규칙」에서 정하고자 하였다.

둘째, 신규 도입될 것으로 예상되는 노면표시의 색상에 관한 반사성능 실험을 수행하였다. 기존 백색, 황색, 청색, 적색의 노면표시 재귀반사성능 값에 관한 실험으로 법에서 정한 기준 성능 확보 여부와 타 부처나 단체표준에서 정하고 있는 주황색, 분홍색, 연한 녹색, 녹색의 재귀반사성능에 대해서도 검증하는 실험을 수행한 후 분석된 결과 값으로 개선내용을 도출하고자 하였다.

## II. 관련 이론 및 연구 동향

### 1. 노면표시와 사고와의 관계

미국 연방도로청(Federal Highway Administration, FHWA)의 연구에서는 노면표시가 운전자에게 차선을 안내할뿐만 아니라 도로의 선형 등을 알려주고, 주간 및 야간에 교통사고를 감소시키는 잠재력이 있다고 주장하고 있다. 또한, 운전자는 주간보다 야간에 도로의 선형을 알려주는 노면표시의 반사성능에 의존하여 운전하는 것으로 분석하고 있다. 그리고 노면표시 반사성능 값이 보다 장기간에 걸쳐 높게 지속되는 지역의 경우, 야간 및 건조한 노면상태의 단일로 구간에서 교통사고가 11% 감소한 것으로 나타났다(TRB, 2002).

아이오와 주의 주도로에서 5년간의 노면표시 반사성능 자료를 수집하고 교통사고와 교통량 등에 대하여 분석한 연구에서는 가장자리 구역선과 중앙선의 반사성능 값이 클수록 교통사고가 감소하는 경향을 보여 노면표시의 반사성능은 교통사고와 관계가 있는 것으로 나타났다(IOWA State University, 2010).

미시간 주 주요 도로의 야간추돌사고, 도로 특성, 노면표시 재귀반사성능 등에 대한 자료를 DB화(2003년부터 2008년까지 6년간)하여 야간 교통사고와 재귀반사성능의 관계를 분석한 연구에서는 황색 중앙선 및 백색 길가장자리구역선 재귀반사성능의 합과 야간 추돌사고가 반비례 관계가 있음을 확인하였다. 또한 길가장자리 구역선과 중앙선의 반사성능 값이 클수록 교통사고가 감소하며, 길가장자리구역선에 비해 중앙선의 재귀반사성능이 낮을수록 사고가 증가하였다(TTI, 2014).

노면표시 반사성능이 시간이 경과함에 따라 저하되는 정도를 측정하여 재도색시기 파악 및 교통사고에 미치는 영향을 분석한 결과 백색 및 황색 노면표시는 1주마다 각각 2.4mcd(m<sup>2</sup>·lx)의 반사성능이 저하되어 1년 후에 재도색해야한다고 제시하고 있으며, 200mcd(m<sup>2</sup>·lx) 이하일 경우 야간 교통사고 심각도가 증가하는 것으로 분석하였다(Hwang et al., 2015).

### 2. 노면표시 재귀반사성능 기준

미국에서는 FHWA와 미국도로교통협회(American Association of State Highway and Transportation, AASHTO)를 중심으로 지속적인 연구를 진행 중이며 각 주에서는 자체적인 기준을 적용하고 있다. 이와 관련하여 AASHTO에서 추가적인 연구 수행을 위해 2017년 1월 최소 반사성능 기준을 제정하여 MUTCD에 반영하여 최소 반사성능 기준을 <Table 1>에서 보는 바와 같이 도로의 제한속도에 따라 두 단계로 분리하여 최소 반사성능 기준을 제시하였다(FHWA, 2017).

<Table 1> Minimum reflectance performance

Speed Limit(mph)	Minimum reflectance(mcd/(m <sup>2</sup> · lx))	Exception
≤35	50	- ADT <6000 Road
≤70	100	- Park, sign, crosswalk, seagull sign, etc. - Loss of reflective performance due to snow removal work - In case of unexpected situations such as equipment failure, lack of materials, or contract problems, etc.

일본에서는 노면표시의 최소반사성능 기준 값을 별도로 정해놓지 않고 있으며, 일반적인 정기점검을 통해 박리, 오염 등에 의해 선명하지 못한 부분의 유무, 마모에 의해 선명하지 못한 부분의 유무, 야간 식별성을

검사하고 있다. 그 중 야간 식별성의 경우 ASTM-D1011-52에 규정된 측정기에 의해 측정된 반사율로 평가한다. 그러나 현재로서는 반사휘도(단위 : mcd/(m<sup>2</sup> · lx))로 식별성을 평가하고 있으며, 기준은 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Night Identification Assessment

Evaluation grade	Reflectance rate (ASTM(%))	Reflective luminance(mcd/(m <sup>2</sup> · lx))
5	8 and above	247 and above
4	6~8	186~247
3	4~6	126~186
2	2~4	65~126
1	Less than 2	Less than 65

유럽은 교통안전시설을 비롯한 대부분의 규격에 대해 Comite Europeen de Normalisation(CEN)에서 정하는 표준규격을 따르고 있으며, CEN에서 규정한 노면표시 관련 규정(Road Marking Material EN- 1436, 1997.8)을 살펴보면 노면표시의 설치 시 반사성능 값은 규정하지 않고 노면표시의 작용 수명(functional life)동안의 최소 반사성능 기준만을 제시하고 있다. 또한 국내 및 미국과는 달리 주광(day light)에서의 반사성능과 야간에 자동차 전조등에 의한 반사성능을 별도로 규정하고 있으며, <Table 3>과 <Table 4>에서 등급(class)은 CEN 소속 국가에서 자체적으로 적용할 수 있는 기준이다.

<Table 3> Classification of Reflection Performance in Daylight Conditions

Color	Road surface	Class	Minimum reflectance(Qd) (mcd/(m <sup>2</sup> · lx))
White	Asphalt	Q2	Qd ≥ 100
		Q3	Qd ≥ 130
	Cement, Concrete	Q3	Qd ≥ 130
		Q4	Qd ≥ 160
Yellow		Q1	Qd ≥ 80
		Q2	Qd ≥ 100

<Table 4> Classification of Reflection Performance in Daylight Conditions

Road surface	Class	Minimum reflectance(Qd) (mcd/(m <sup>2</sup> · lx))	
Permanent	White	R2	RL ≥ 100
		R4	RL ≥ 200
		R5	RL ≥ 300
	Yellow	R1	RL ≥ 80
		R3	RL ≥ 150
		R4	RL ≥ 200
Temporary	R3	RL ≥ 150	
	R5	RL ≥ 300	

이와는 별도로 CEN에서 노면표시의 야간 반사성능에 대하여 건조한 노면상태에서는 150mcd/(m<sup>2</sup> · lx), 습윤한 노면상태에서는 60mcd/(m<sup>2</sup> · lx)를 현장에서 채도색시기를 결정하는 기준으로 권고하고 있다.

호주는 Australian Standard(AS) 4049.4-2006(R2016)에서 노면표시 재료에 대한 규정(pavement marking materials Part 4: High performance pavement marking system)을 제시하고 있다. 노면표시의 성능 파라미터로 색

상, 색상변화, 휘도, 유기화합물 함유량, 재귀반사성능(건조 시, 우천시), 미끄럼 저항 및 마모도 등을 정의하고 있으며 다음 <Table 5>와 같다.

<Table 5> Minimum reflectance performance

Classification	Minimum reflectance(mcd/(m2 · lx)) - Dry			Minimum reflectance(mcd/(m2 · lx)) - Rain		
	initial value	intermediate value	final value	initial value	intermediate value	final value
RD0	No requirement	No requirement	No requirement	No requirement	No requirement	No requirement
RD1	>250	>200	>150	>250	>200	>150
RD2	>350	>250	>150	>350	>250	>150
RD3	>500	>350	>250	>500	>350	>250

국내의 경우 경찰청 『교통노면표시 설치·관리 매뉴얼』에 재귀반사성능 기준을 정의하고 있다.

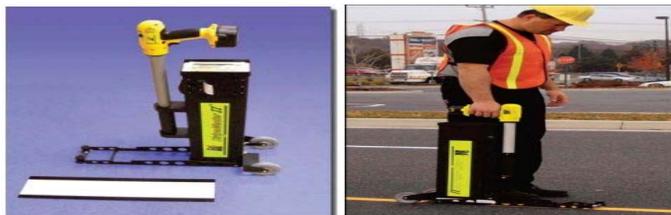
<Table 6> Minimum reflectance performance in korea

Angle of investigation	Observation angle	Classification	Minimum reflectance(mcd/(m2 · lx))				Remarks
			White	Yellow	Blue	Red	
88.76° (1.24°)	1.05° (2.29°)	Installation	240	150	80	46	The minimum recursive reflection performance standards shall be maintained from the date one week after installation to the date of completion
		Wet	100	70	40	23	Methods for measuring the minimum recursive reflectance performance on wet surfaces shall be according to those prescribed by European Standard (EN1436)

### Ⅲ. 실험 현장 구축 및 자료수집

#### 1. 재귀반사 측정 기기

노면표시의 재귀반사의 측정은 부가장치 없이 건조 시 및 습윤시, 우천시 노면표시 재귀반사 측정이 가능하고 ASTM E1710과 EN 1436의 CEN 30-meter 측정기준 방법을 만족하며, 경찰청 노면표시 준공 검사 시 주로 사용되는 StripeMaster II 이동식 노면표시 재귀반사 측정기를 사용하여 측정하였다.



Source: Advantage Specialties (<http://advantagespecialties.ca>)

<Fig. 1> StripeMaster II

## 2. 실험 현장 구성

강원도 원주시 금대리 일원 국도5호선 상 우회도로 건설로 인해 폐도된 비법정 도로상에서 『도로교통법 시행규칙』에서 정한 노면표시 색상 네 가지와 상기 단체표준에서 정한 네 가지 색상에 대해 시공 후 준공검사 기준에 따른 재귀반사성능을 측정하여 최소기준을 비교하였다.

실험 현장은 수용성형(2종)의 노면 도색 재료로 한정하였다. 그 이유는 융착형과 상온 경화형 시공은 물리적, 행정적 여건의 어려움이 많고 재귀반사의 기준측정에 있어 가장 많이 쓰이는 도색 방식이기 때문이다.

실험에서 습윤 시(0.3m 높이에서 최소 3리터의 물을 노면에 붓고 1분 후 재귀반사도 측정)와 우천 시(시간당  $20\pm 2$ mm의 강우, 차선평의 2배인 최소폭 0.3m를 깨끗한 물로 정리한 후 5분 이후 측정) 조건은 유럽 기준 EN1436 에서 정한 실험 방법을 적용하였다.



<Fig. 2> Composition of Initial Recursive Reflection Performance

## 3. 도색재료 자제 투입량

본 연구에서 제안하는 백색 등 8가지 색상에 대한 노면표시 재료 및 유리알 살포량은 아래의 <Table 7>과 같다. 도색 재료는 수용성에 한정하며, 유리알은 가호1호와 가호2호로 구분하여 각각의 굴절률 차이에 의한 재귀반사성능을 측정하고자 하였다.

<Table 7> Amount of paint material input

Materials(10m <sup>2</sup> )		unit	KS M6080 type 2
paint	liquid phase	ℓ	0.420
beads	SWARCO No.1 refractive index 1.50~1.64	kg	0.400
	SWARCO No.2 refractive index 1.64~1.80	kg	

## IV. 실험 결과 분석

### 1. 기존 색상의 재귀반사성능 실험결과

실험 현장 구성 후 1주일 이내 백색의 재귀반사성능을 측정한 결과 값은 <Table 8>과 같으며, 백색 이하 색상별 결과 값 또한 동일하게 구성하였다. 유리알 구성에 따른 재귀반사성능 측정 결과분석은 유리알이 없는 조건에서 건조 시와 습윤 시의 반사성능이 유사한 분포를 보이고 있는 것이 특징이다. 우천 시의 조건에서는 유리알의 유무에 관계없이 건조 시와 습윤 시의 최소 반사성능 기준을 충족하지 못하고 있으며, 유리알 굴절률이 높은 가호2호의 재귀반사성능이 건조 시에는 가호1호보다 높게 나타났으나 습윤 시에는 오히려 유리알 굴절률이 낮은 가호1호에서 높게 나타나고 있는 것을 볼 수 있다.

<Table 8> Results of white recursive reflectance performance measurement

Glass beads status	Road surface condition	reflectance performance(mcd/m <sup>2</sup> ·lux) measured value					
		1th	2nd	3rd	4th	5th	average
No beads	Dry	60	61	67	69	70	65.4
	Wet	62	61	76	84	71	70.8
	Rain	8	4	11	11	12	9.2
SWARCO No.1	Dry	339	321	354	359	372	349
	Wet	189	148	133	165	138	154.6
	Rain	34	25	29	29	36	30.6
SWARCO No.2	Dry	407	384	495	455	356	419.4
	Wet	143	103	175	190	151	152.4
	Rain	3	5	21	20	9	11.6

황색 색상 재귀반사성능 분석 결과, 유리알이 없는 조건에서는 습윤 시 재귀반사성능이 건조 시보다 높게 나타나고 있는 것을 볼 수 있다. 이는 물체색의 반사 원리 중 확산반사의 영향으로 판단된다. 유리알의 유무에 관계없이 우천 시에는 최소 반사성능을 확보하지 못하고 있으며, 백색의 경우에서와 같이 건조 시에 가호2호에서의 반사성능이 높은 반면 습윤 시에는 유리알 굴절률이 높은 가호2호에서의 반사성능이 낮게 나타나고 있다. 건조 시와 습윤 시의 최소 반사성능 기준인 150과 70을 유리알을 포함한 재귀반사체에서는 상회하고 있음을 알 수 있다. 건조 시 백색의 반사성능 대비 황색, 가호1호에서는 67% 수준이며, 가호2호에서는 63%이다. 습윤 시는 각각 79%와 59% 수준으로 나타났다.

<Table 9> Results of yellow recursive reflectance performance measurement

Glass beads status	Road surface condition	reflectance performance(mcd/m <sup>2</sup> ·lux) measured value					
		1th	2nd	3rd	4th	5th	average
No beads	Dry	39	38	40	42	42	40.2
	Wet	63	60	59	63	59	60.8
	Rain	6	3	6	13	6	6.8
SWARCO No.1	Dry	212	249	283	209	214	233.4
	Wet	125	108	144	137	96	122
	Rain	16	9	9	10	4	9.6
SWARCO No.2	Dry	273	269	242	228	292	260.8
	Wet	81	81	92	97	99	90
	Rain	4	9	6	9	8	7.2

「도로교통법 시행규칙」에서 정한 청색 색상 노면표시의 건조 시와 습윤 시의 최소재귀반사성능 기준은 각각 80과 40이다. 청색 색상 재귀반사성능 분석 결과에서는 시공 초기에서는 이 기준을 만족하고 있음을 알 수 있다. 유리알 굴절률이 높은 가호2호에서는 건조 시 반사성능이 높게 나타나고 있으나 습윤 시에는 이전의 결과에서와 같이 가호1호에서의 재귀반사성능이 높게 나타났다.

건조 시 백색의 반사성능 대비 청색, 가호1호에서는 64% 수준이며, 가호2호에서는 72%이다. 습윤 시는 각각 63%와 72% 수준으로 나타났다. 습윤 시의 반사성능 변화 폭이 건조 시보다 높으며, 유리알이 없는 경우도 이전의 결과와 비슷하게 나타났다.

<Table 10> Results of blue recursive reflectance performance measurement

Glass beads status	Road surface condition	reflectance performance(mcd/m <sup>2</sup> ·lux) measured value					
		1th	2nd	3rd	4th	5th	average
No beads	Dry	38	37	39	37	37	37.6
	Wet	53	54	51	55	53	53.2
	Rain	4	3	3	4	4	3.6
SWARCO No.1	Dry	228	224	238	221	211	224.4
	Wet	116	89	119	81	85	98
	Rain	22	16	89	4	3	26.8
SWARCO No.2	Dry	262	312	316	297	315	300.4
	Wet	88	94	110	117	136	109
	Rain	11	9	18	11	12	12.2

## 2. 신규 색상의 재귀반사성능 실험결과

개정된 「도로교통법 시행규칙」에는 적색의 최소재귀반사성능을 제시하고 있다. 건조 시와 습윤 시의 기준 수치는 각각 46과 23이다. 유리알이 없는 경우에는 습윤 시에서 이 기준을 만족함을 볼 수 있다. 유리알이 있는 경우 재귀반사성능은 건조 시와 습윤 시에서 이전의 색상에서와는 달리 그 폭이 넓지 않음을 알 수 있다. 건조 시 백색의 반사성능 대비 적색, 가호1호에서는 23% 수준이며, 가호2호에서는 24%이다. 습윤 시는 각각 37%와 41% 수준으로 나타났다. 적색의 경우에서는 오히려 습윤 시의 재귀반사성능이 건조 시보다 높

은 결과를 나타내고 있다. 건조 시와 습윤 시의 재귀반사성능 분포 균등성이 이전의 색상보다 높게 나타나는 것으로 분석되며, 유리알이 없는 경우 건조 시에서 매우 낮은 값으로 나타난다.

<Table 11> Results of red recursive reflectance performance measurement

Glass beads status	Road surface condition	reflectance performance(mcd/m <sup>2</sup> ·lux) measured value					
		1th	2nd	3rd	4th	5th	average
No beads	Dry	12	13	12	11	10	11.6
	Wet	48	49	48	49	49	48.6
	Rain	2	3	3	2	2	2.4
SWARCO No.1	Dry	73	84	79	81	83	80
	Wet	66	56	59	53	53	57.4
	Rain	5	4	3	3	2	3.4
SWARCO No.2	Dry	95	100	98	103	97	98.6
	Wet	58	59	63	65	66	62.2
	Rain	6	4	6	6	3	5

주황색 색상 재귀반사성능 분석 결과에서는 유리알이 없는 경우 습윤 시 반사성능이 최소 기준에 근접하고 있음을 알 수 있고, 건조 시 가호1호와 가호2호에서 최소 기준을 만족하고 있으나 습윤 시 가호1호에서는 최소 기준에 매우 근접하고 있으며, 1곳에서는 기준을 충족하지 못함을 알 수 있다.

단체표준에서 정한 최소 재귀반사성능의 일정부분 조정이 필요함을 확인할 수 있으나, 건조 시의 재귀반사성능이 상대적으로 습윤 시에 비해 높게 나타나는 점도 고려하여 기준을 정함이 필요하다고 판단된다. 주황색의 반사성능은 건조 시 백색 대비 가호1호에서는 44% 수준이며, 가호2호에서는 51%이다. 습윤 시는 각각 44%와 59% 수준으로 나타났다.

<Table 12> Results of orange recursive reflectance performance measurement

Glass beads status	Road surface condition	reflectance performance(mcd/m <sup>2</sup> ·lux) measured value					
		1th	2nd	3rd	4th	5th	average
No beads	Dry	30	33	33	32	31	31.8
	Wet	55	58	55	62	55	57
	Rain	2	6	6	14	5	6.6
SWARCO No.1	Dry	163	160	146	143	149	152.2
	Wet	63	62	67	59	87	67.6
	Rain	8	6	2	2	4	4.4
SWARCO No.2	Dry	202	227	195	206	233	212.6
	Wet	81	97	80	92	101	90.2
	Rain	6	10	6	10	11	8.6

분홍색의 경우에는 단체표준에서 정한 건조 시와 습윤 시의 최소재귀반사성능 기준을 충족하는 것으로 분석되었다. 색상의 특성상 감색혼합에 의한 재귀반사성능 확보가 어려울 것으로 검토되었으나 백색 대비 높은 수준의 반사성능을 보이고 있다. 유리알이 없을 때 건조 시에도 백색 다음으로 높은 수치를 나타낸다.

습윤 시에도 단체표준에서 정한 건조 시의 최소 재귀반사성능에 근접하는 수치를 보이고 있어 색상 대비 휘도계수가 높음을 알 수 있다.

건조 시 백색의 반사성능 대비 분홍색, 가호1호에서는 74% 수준이며, 가호2호에서는 84%이다. 습윤 시는 각각 85%와 87% 수준으로 나타났다.

<Table 13> Results of pink recursive reflectance performance measurement

Glass beads status	Road surface condition	reflectance performance(mcd/m <sup>2</sup> ·lux) measured value					
		1th	2nd	3rd	4th	5th	average
No beads	Dry	49	49	49	48	50	49
	Wet	57	66	57	55	60	59
	Rain	1	9	1	4	2	3.4
SWARCO No.1	Dry	308	269	260	239	216	258.4
	Wet	138	94	135	133	154	130.8
	Rain	13	2	3	4	9	6.2
SWARCO No.2	Dry	262	346	387	362	402	351.8
	Wet	138	100	135	147	140	132
	Rain	13	9	9	13	22	13.2

연한 녹색 색상에 대한 시공 후 1주일 이내 재귀반사성능을 측정한 결과 값은 <Table 14>와 같다.

유리알 굴절률 가호1호와 가호2호에서 건조 시 최소 재귀반사성능 기준을 충족하는 것으로 분석되었다. 가호2호 습윤 시에서도 높은 수준으로 기준을 만족하였으나 가호1호에서는 반사성능 변화 폭이 매우 넓었고 또한 기준을 충족하지 못하는 경우도 있었으며, 유리알이 없는 습윤 시와도 비슷한 수준을 나타내고 있다.

건조 시 백색의 반사성능 대비 연한 녹색, 가호1호에서는 61% 수준이며, 가호2호에서는 67%이다. 습윤 시는 각각 51%와 75% 수준으로 나타났다.

<Table 14> Results of light green recursive reflectance performance measurement

Glass beads status	Road surface condition	reflectance performance(mcd/m <sup>2</sup> ·lux) measured value					
		1th	2nd	3rd	4th	5th	average
No beads	Dry	36	34	35	35	36	35.2
	Wet	61	56	53	57	55	56.4
	Rain	3	6	3	1	1	2.8
SWARCO No.1	Dry	249	197	216	212	197	214.2
	Wet	136	90	63	52	54	79
	Rain	39	3	2	2	3	9.8
SWARCO No.2	Dry	251	299	262	273	317	280.4
	Wet	92	109	120	126	121	113.6
	Rain	10	3	18	10	9	10

녹색 색상 재귀반사성능 분석 결과에서는 유리알이 없는 경우의 건조 시 반사성능은 적색의 수준과 비슷한 분포를 보이고 있으며, 습윤 시에서는 기타 색상과 같은 반사도를 나타내고 있다.

가호1호 유리알 굴절률 상태에서는 건조 시 단체표준에서 정한 최소 기준에 대부분 미치지 못하는 것으로 분석되었으나 습윤 시에는 기준을 높은 수준으로 상회하는 것으로 나타났다. 가호2호 유리알 굴절률에서는 건조 시와 습윤 시 모두 기준을 충족하는 것으로 나타났다. 우천 시에서는 유리알의 유무에 관계없이 모두 최소 기준에 높은 수준으로 근접하지 못함을 알 수 있다.

건조 시 백색의 반사성능 대비 녹색, 가호1호에서는 33% 수준이며, 가호2호에서는 36%이다. 습윤 시는 각각 55%와 70% 수준으로 나타났다.

<Table 15> Results of green recursive reflectance performance measurement

Glass beads status	Road surface condition	reflectance performance(mcd/m <sup>2</sup> ·lux) measured value					
		1th	2nd	3rd	4th	5th	average
No beads	Dry	14	17	16	19	16	16.4
	Wet	52	50	52	52	53	51.8
	Rain	6	3	5	1	2	3.4
SWARCO No.1	Dry	126	119	111	117	106	115.8
	Wet	101	97	99	74	55	85.2
	Rain	2	2	4	2	3	2.6
SWARCO No.2	Dry	143	139	151	157	163	150.6
	Wet	101	97	99	118	117	106.4
	Rain	6	3	6	8	7	6

## V. 결 론

교통노면표시는 교통안전표지 등 교통안전시설물과 유기적 결합을 통해 교통사고 예방 및 원활한 소통을 위해 규제와 지시 등의 의무, 노면의 상태, 통행방법 등에 대한 정보를 전달한다. 「도로교통법」에서는 교통노면표시에 대해 규제와 지시를 제시하고 있고, 「교통노면표시 설치·관리 매뉴얼」에서는 법에서 정하지 못한 설치기준 등에 대해 제시하여 운영 중에 있다. 그러나 일부 도로관리청에서는 도로 이용자의 안전을 위해서 「도로교통법」 범위 내에 포함되지 않는 교통노면표시를 일부 설치하여 운영 중에 있다. 또한 신규교통노면표시의 색상 및 허용오차, 반사성능 기준이 아직 정해져 있지 않으며, 또한 도색종류별 재귀반사성능의 기준 등이 현실과는 다르게 설치·운영되는 경우가 지자체별로 발생할 수 있어 재도색 등 향후 운영관리가 다르게 이루어질 수 있는 문제점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 신규노면표시의 도입과 더불어 재귀반사 성능에 대해 문헌고찰, 현장시험 결과를 바탕으로 「도로교통법 시행규칙」 및 「교통노면표시 설치·관리 매뉴얼」에 대한 개정을 목적으로 하고 있다. 세부적으로는 시행규칙에서 제시하고 있는 교통노면표시에 대해 지침 및 기준을 검토하여 현행화를 수행하고, 「도로교통법」 범위에 포함되지 않은 신규교통노면표시에 대해서는 「도로교통법」 범위 내에 포함하고자 한다. 또한 신규 도입될 것으로 예상되는 노면표시의 색상에 관한 반사성능 시험 및 도색종류별 반사성능 변화시험 결과를 토대로 교통노면표시에 대한 성능 등을 개선하고자 하였다.

「도로교통법 시행규칙」과 단체표준에서 정하고 있는 8가지 색상에 대해 건조 시와 습윤 시의 최소재귀반사성능 기준 확보를 위한 현장실험을 실시하였으며, 백색 건조 시에는 260.8(mcd/m<sup>2</sup>·lux), 습윤시에는 154.6(mcd/m<sup>2</sup>·lux)

으로 결과가 산출되었으며, 황색의 경우는 건조 시 백색의 반사성능 대비 황색, 가호1호에서는 67% 수준이며, 가호2호에서는 63%이다. 습윤 시는 각각 79%와 59% 수준으로 나타났다. 청색의 경우에는 백색대비 가호1호에서는 64% 수준이며, 가호2호에서는 72%이다. 습윤 시는 각각 63%와 72% 수준으로 나타났다. 습윤 시의 반사성능 변화 폭이 건조 시보다 높으며, 유리알이 없는 경우도 이전의 결과와 비슷하게 나타났다. 신규색상이 적색, 주황색, 분홍색, 연한 녹색, 녹색의 경우에도 백색대비 50%이상의 기준값을 가지는 것으로 분석되었으며 굴절률이 높은 가호2호의 재귀반사 값이 높게 나타났다. 이를 토대로 「도로교통법 시행규칙」에 노면표시 색상에 따른 최소반사성능 기준마련의 토대가 될 것으로 판단된다.

본 연구에서는 노면표시 8가지 색상에 대하여 설치시의 최소재귀반사성능 기준을 제시하였으나 재설치 기준에 대한 연구와 시공 방법에 따른 재귀반사 값의 차이가 존재하는지에 대한 추가적으로 필요하다. 노면표시는 운전자 안전에 직결되는 교통안전시설이므로 적절한 규격에 따른 유지관리를 기대한다.

## 감사의글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원(20POQW-B152740-02)으로 수행되었습니다.

## REFERENCES

- ASTM International(1999), *ASTM D 6359: Standard Specification for Minimum Retroreflectance of Newly Applied Pavement Marking Using Portable Hand-Operated Instruments.*
- ASTM International(2018), *ASTM E 1710: Standard Test Method for Measurement of Retroreflective Pavement Marking Materials with CEN-Prescribed Geometry Using a Portable Retroreflectometer.*
- Federal Highway Administration(2004), *Reflectivity Of Pavement Markings: Analysis Of Retroreflectivity Degradation Curves.*
- Federal Highway Administration(2008), *Durability And Retro-Reflectivity Of Pavement Markings.*
- FHWA(2017), *Manual on Uniform Traffic Control Devices(MUTCD).*
- Hwang J. H., Kim J. H. and No J. H.(2015), "Evaluation of Pavement Markings Retroreflectivity and Traffic Accident over Time," *The 73th Conference of Korean Society of Transportation*, pp.133-168.
- IOWA State University(2010), *Pavement Markings and Safety.*
- Korea National Police Agency(2012), *Manual for Installation and Management of Road Markings.*
- Korea Road Traffic Authority(2013), *A Study on the Reflection Performance Standards for Road Surface Indication.*
- Roadmarking Industry Association of Australia(2007), *Pavement Markings-Their Role in Improved Road Safety.*
- Texas A&M Transportation Institute(2014), *Characterizing the Association Between Night-time Crashes and Retro-reflectivity of Edge-lines and Center-lines on Michigan Rural Two-Lane Highways.*
- TRB(2002), *Long-Term Pavement Marking Practices*, National Cooperative Highway Research Program Synthesis 306.