



고속도로 시설물별 차선반사도 다양성 연구

A Study on Retroreflectivities of Pavement Markings by Freeway Facility Types

오 흥 운*
Oh, Heung Un

Abstract

Pavement markings delineate driver's sight and attentions at day and night. Retroreflectivities of the pavement markings are known to be affected by some factors such as geometrical characteristics of road sections, marking materials, traffic volumes, weather, and so on. Therefore, pavement markings would have different retroreflectivities place by place.

The objective of this paper is to contend that there are rises and falls of retroreflectivity of specific geometrical characteristics of road section based on observed field data. For this purpose, retroreflectivities of yellow continued lines and white skip lines were measured on the freeway sections from Hanam to Nami interchanges. And then, the sections are categorized based on road geometric or facility types.

From this study, it may be concluded that there exist considerably lower retroreflectivity trends of pavement markings at sharply curved sections, climbing lane sections, ramp sections, and tunnel sections than averaged retroreflectivity trends on freeway sections. This may leads to the necessity of differential pavement marking managements.

Keywords : *retroreflectivity, pavement marking resurfacing, pavement marking*

요 지

차선의 주요성능인 차선반사도는 도로의 기하구조 특성, 차선재료, 교통량, 일기, 환경요인등 다양한 요소에 의해 영향을 받게 된다. 그 결과 차선은 영향을 받은 정도에 따라 각기 다른 반사성능을 나타내게 된다.

본 논문은 공용중인 고속도로에서 차선의 반사성능 감소가 심할 것으로 예상되는 특정 기하구조 및 시설물 구간의 차선반사도 증감의 특성을 확인하여 밝히는 데 그 목적이 있다. 이를 통해 현행 최소차선반사도 기준과 비교하여 차선반사도의 기하구조 또는 시설물 구간에 따른 차별적 관리가 필요하다는 주장을 제시하고자 한다.

데이터 분석을 위해 중부고속도로 하남JCT-남이JCT 구간에서 황색실선, 백색점선의 차선반사도를 측정하였다. 이 측정치를 도로시설물 특이사항별로 구분하고, 각 구간에 대해 진입 전, 해당 구간, 통과 후로 구분하여 각각의 차선반사도를 비교 분석하였다.

분석결과 곡선구간, 오르막구간, IC램프구간, 터널구간에서 차선반사도가 상대적으로 낮게 측정되었다. 이로써 차선반사도의 기하구조 및 시설물 구간에 따른 차별적 적용 및 관리의 필요성을 제시하였다.

핵심용어 : 차선 반사도, 반사도, 차선도색, 차선

* 정희원 · 한국도로공사 도로교통기술원 교통연구그룹 책임연구원, 공학박사



1. 서론

차선은 도로교통의 원활한 소통을 도모하고 운전자의 안전과 쾌적성을 제공하기 위해 설치하는 교통안전시설이다. 또 외부 환경에 의해 시인성이 제한되고 과적차량 등에 의해 내구성이 영향을 받는 시설이다. 때문에 '도로안전시설실무편람', '도로편람'에서는 차선이 본래 기능을 원활히 수행할 수 있도록 최소차선 반사도 기준을 적절히 적용토록 규정하고 있다. 이에 근거하여 국내 고속도로에서는 차선 성능의 유지·관리를 위해서 '차선도색 시행기준'이 적용되고 있다. 이 기준에서는 차선의 준공시와 공용시의 반사성능에 대한 기준을 명시하고 있다. 차선재도색기준은 다른 표현으로 최소차선반사도 혹은 차선관리기준이라하고 고속도로에서는 백색 차선반사도 관리기준 120mcd/m²/lux, 황색 차선반사도 관리기준 90mcd/m²/lux을 적용하고 있다. (한국도로공사, 2005)

고속도로에서는 일반차선의 경우, 6개월을 주기로 하여 4월과 10월에 도색이 이루어지고 있다. 4월도색은 겨울철 온도변화와 제설작업을 위한 염화칼슘살포, 제설기에 의한 기계적 마모등으로 인해 차선반사도가 4월경에 최저가 된다는 가정하에 전차선에 대하여 이루어지고, 10월도색은 차량들의 차선변경으로 인해 차선반사도가 빨리 저하된다는 가정하에 구분선에 대해서만 이루어지고 있다.

이러한 일괄적인 시행은 차선반사도의 감소에 영향을 미치는 여러 영향인자들을 고려하지 못한채 시

행하는 문제를 발생시킨다. 일반적으로 차선반사도 마모정도는 교통량, 차선재료, 제설작업, 포장재에 따라 달라지고, 차로변경이 발생하는 구간, 도로 선형에 의해 차선침범이 자주 발생하는 구간에서도 차선반사도의 마모정도가 다르게 나타나는 것으로 알려져 있다. 이러한 사실은 여러 가지 문헌에서 교통사고와 차선반사도와의 관계, 최소차선반사도의 필요성, 차선반사도 마모 영향인자를 주제어로 하여 언급되고 있다.

최근 국내에서 수행된 차선반사도와 교통사고와의 관계 연구에서는 차선반사도와 교통사고 사이에 상관 관계가 있음을 설명하였다. 고속도로 곡선반경 500m이하에서 도색 전/후의 교통사고율을 비교했을 때, 고속도로의 교통사고 차이 혹은 감소효과가 뚜렷한 것으로 조사되었다(오홍운, 2003).

또한 이 연구에서는 차선반사도 실내 마모시험을 통해 각 차선재료별 공용성을 평가하였다. 이 실험을 통해 차량바퀴 통과량에 따라 차선반사도 성능저하를 계량화 했으며, 차로변경이 빈번하게 발생하는 IC구간에 대해서는 현장조사를 통해 차선바퀴통과율을 산정하여, 고속도로 교통량에 따른 차선반사도 성능저하 모형을 제시하였다. 또한, 표 1과 같이 차선도색전후의 교통사고율 비교를 통해 차선반사도가 교통사고 증감에 직접적인 영향을 미치고 있음도 제시하였다.

현재, 미국과 유럽을 중심으로 각국의 실정에 맞는 최소차선반사도 설정을 위한 연구(Sarasua, 2000 : MUTCD, 1993 : Millar, 1993 : Gu, 1994 : CEN

표 1. 차선도색 전/후 사고지점별 사고율 변화

단위 : 10만대당 사고건수

구 분	사고지점 선형	준 계 도 색		추 계 도 색	
		도색 전	도색 후	도색 전	도색 후
경부선	외측 500m 미만	0.617	0.365	0.528	0.282
	내측 500m 미만	0.377	0.334	0.389	0.345
호남선	외측 500m 미만	0.246	0.211	0.361	0.240
	내측 500m 미만	0.655	0.351	0.421	0.240

* 주 : 고속도로 차선반사도 관리기준 설정연구, 한국도로공사, 2003

1995 등)가 활발히 진행되고 있다. 미국의 경우 MUTCD(Manual on Uniform Traffic Control Device)에 차선과 표지판의 최소차선반사도 기준을 제시하려는 연구가 진행 중이며, 유럽의 경우 CEN1436(European Committee for Standardization)에서 최소차선반사도 및 차선반사도 측정 규격을 새로 정립하였다. 여기에는 야간의 건조상태 및 주간의 건조, 습윤, 우천시 휘도 기준등이 포함되어 있다.

Lee(2005)는 운전자의 시인성에 기인한 최소차선반사도 설정을 위해 49명의 피실험자들을 대상으로 정적·동적 주행실험을 수행한 결과, 백색차선의 경우 120~130 mcd/m²/lux, 황색차선의 경우 90~100 mcd/m²/lux의 값을 제안하였다.

Kopf(2004)는 교통량, 차선재료, 차선색상, 곡선반경 외에도 차선위에 오물이나 먼지 등이 차선의 반사 성능 저하에 영향을 미친다는 것을 발견하였다. 이는 유지보수의 중요성을 제시한 것으로 청소만으로도 차선반사도를 증가시킬 수 있다는 점을 부각시켰다.

이러한 국내외의 연구들을 고려할 때 최소차선반사도가 교통사고증감과 관련이 있음을 알 수 있다. 또한 최소차선반사도를 만족시키기 위해 차선반사도의 마모를 고려하여 차선도색의 주기나 재료의 선택이 차별화되어야 함을 알 수 있다.

본 논문의 목적은 공용중인 도로에서 차선반사도 감소가 심할 것으로 예상되는 특정 기하구조 구간의 차선반사도의 감소 특성을 확인하여 밝히는 데 그 목적이 있다. 이를 통해 현행 최소차선반사도 기준과 비교하며 차선반사도의 기하구조에 따른 차별적 관리가 필요하다는 주장을 제시하고자 한다.

2. 연구대상의 구분 및 세부연구 내용

연구대상의 구분을 위해 고속도로 주요시설물을 구분하였다. 차선위로 바퀴침범이 높은 것으로 추정

되는 구간, 저속주행구간, 다수의 차로변경구간, 오물이나 먼지로 덮여있을 가능성이 많은 구간 등 네 가지 대표구간이 고려되었다.

첫째로 곡선반경별로 연구대상을 구분하였다. 곡선반경이 작은 구간은 차선위로 바퀴침범 경향이 높은 구간으로서 교통량에 의한 물리적 마모가 큰 구간으로 가정하여 이를 대상구간으로 선정하였다. 둘째로 오르막차로구간은 중차량의 저속주행, 다수의 차로변경, 마찰력에 의한 차선반사도 마모가 많이 이루어질 것으로 추정하여 대상구간으로 정하였다. 셋째로 IC내 구간은 저속주행, 차로변경, 차선위로 바퀴침범 경향이 높은 이유로 선정되었다. 마지막으로 터널구간은 상대적으로 차로변경이 적은대신 먼지에 의해 차선반사도 저하가 나타날 수 있는 구간으로 추정하여 구분하였다. 따라서 아래와 같이 세부연구로 구분할 수 있었다.

- 1) 곡선반경별 비교 및 관리기준과의 비교 분석
- 2) 오르막차로 구간과 전/후 구간간 비교 및 관리기준과의 비교 분석
- 3) IC내 구간과 전/후 구간간 비교 및 관리기준과의 비교 분석
- 4) 터널구간과 전/후 구간간 비교 및 관리기준과의 비교 분석

3. 데이터 수집

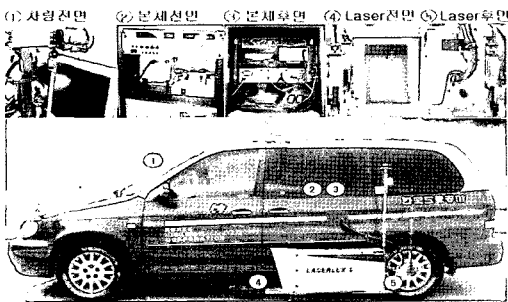
중부고속도로 하남↔남이구간에 대해 우측 백색 점선(하남↔남이방향), 중분대측 황색 실선(남이↔하남방향)의 차선반사도를 측정하였고, 왕복 1회 주행 후 결과를 분석하였다. 차선반사도는 구간내에서 전수조사 하였다. IC구간의 경우 남이방향 유출·입램프를 대상으로 하였다. 데이터 수집 방법을 구체적으로 기술하면 다음과 같다

- 조사구간 총 연장 : 왕복234km(백색점선 117km, 황색실선 117km)
- 조사구간 총 연장 234km은 300m 길이를

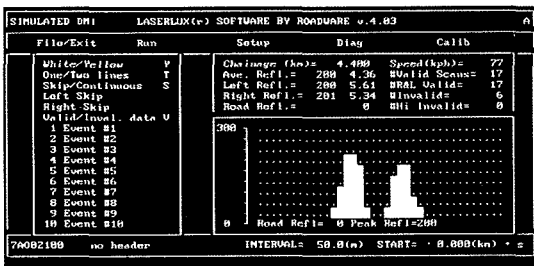
1chain으로 정의하고 총 780chain의 차선반사도 획득

- Laserlux를 이용하여 90km/h 주행하면서 10m 전방의 차선을 매 0.1초마다 200회 차선반사도 측정
- 1chain 값은 chain 내에 차선반사도를 20,000~30,000회 측정하여 이를 하나의 평균값으로 제시

공용중인 차선반사도값 비교를 위해서는 차선도색일자와 차선반사도 측정일자의 명시가 필요하다. 고속도로에서는 일반차선의 경우, 6개월을 주기로 하여 4월과 10월에 도색이 이루어지고 있다. 4월도색은 겨울철 온도변화와 제설작업을 위한 염화칼슘 살포, 제설기에 의한 기계적 마모등으로 인해 차선반사도가 4월경에 최저가 된다는 가정하에 전자선에 대하여 이루어지고, 10월도색은 차량들의 차선변경으로 인해 차선반사도가 빨리 저하된다는 가정하에 구분선에 대해서만 이루어지고 있다. 본 논문을 위한 차선반사도 측정은 4월 1일 하루동안 실시되었고, 4



(a)



(b)

그림 1. Laserlux IV 장비(a) 및 실시간 그래프(b)

월 재도색이 이루어지기 직전이므로 전반적으로 중부고속도로에서 1년중 최저 차선반사도가 나올 수 있는 시기였다.

현장조사 장비는 캐나다 Roadware와 Gamma Scientific이 공동 개발한 Laserlux를 이용하였다. laserlux는 차량을 고속으로 운행하면서 특수 laser를 노면표시에 스캔하여 차선의 반사도를 측정할 수 있는 이동식 차선반사도 측정 장비이다. 이 장비는 측정치를 전자장비와 컴퓨터에 의해 정확하고 신속하게 측정할 수 있으며, 입사각과 관찰각을 국제기준인 30m 측정기하에 맞게 정확히 유지할수 있도록 제작되었다.

4. 데이터 분석

4.1 데이터 분석개요

차선반사도 분석은 조사구간 전체 780 chain의 차선반사도를 이정에 따라 플로팅 한 후 특정 도로시설구간 이정에 해당하는 chain을 대상으로 이루어졌다.

특정 도로시설구간과 전/후구간 비교는 서로 같은 수의 chain을 대상으로 하였다. 또 고속도로 차선반사도 관리기준은 현행 관리기준을 Laserlux의 측정기하와 동일한 30m 측정기하로 변환하여 적용하였다.

- 1) 곡선구간 : 곡선시점→종점까지
- 2) 오르막차로구간 : 현재 오르막차로가 설치되어 있는 구간의 시점→종점까지
- 3) IC구간 : IC유출램프와 IC유입램프까지
- 4) 터널구간 : 터널시점→종점까지

4.2 곡선반경별 데이터 비교 분석

중부선 왕복 234km 전체에 대해 300m 길이마다 1개 chain으로 정의하고, 각 chain에서 조사된 차선반사도의 평균을 기하구조별로 분석하였다. 샘플링

된 데이터는 다음과 같이 구분할 수 있다.

- 1) $R=1,000$ 미만
: 왕복 14개소, 7,208.404m, 24chain
- 2) $1,000 \leq R < 1,500$
: 왕복 6개소, 1,889.939m, 13chain
- 3) $R=1,500$ 이상
: 왕복 76개소, 21,977.100m, 147chain

백색점선(남이방향) $R \leq 1,500$ 일 때 차선반사도는 83.5mcd/m²/lux, 87.7mcd/m²/lux로 백색 차선반사도 관리기준 90mcd/m²/lux에 미달되었다. 이는 기준치의 0.70~0.73수준으로 낮은 수준을 나타내고 있다. 그러나 $R > 1,500$ 일 때 차선반사도는 139.4mcd/m²/lux로 백색 차선반사도 관리기준을 초과한 결과를 나타냈다.

한편 황색실선(하남방향)의 차선반사도는 69.2mcd/m²/lux~77.6mcd/m²/lux로 황색 차선반사도 관리기준 90mcd/m²/lux에 미달되는 것으로 나타났다. 이 구간 역시 기준치의 0.77~0.86으로 낮은 수준을 나타냈다.

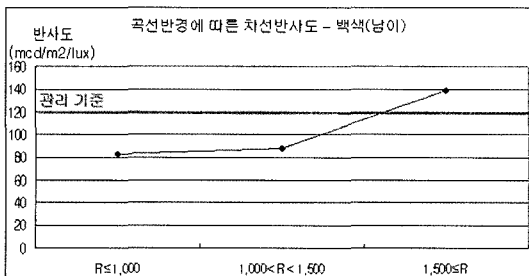
조사결과 곡선반경이 작을수록 차선반사도는 감소하는 경향을 보이고 있으며, 이는 기하구조의 불리함과 낮은 차선반사도가 결합하여 교통사고의 위험이 가중될 수 있음을 내포하고 있다. 이러한 위험도를 극복하기 위한 시차적인 접근방법으로는 차선반사도 기준 만족 및 균일한 성능 유지가 필요하다.

특히 중부고속도로의 경우 $R \leq 1,500$ 이하 특별히 $R \leq 1,000$ 의 곡선구간에는 차선반사도 향상을 위한 재도색, 재료선택이 검토되어야 할 것이다.

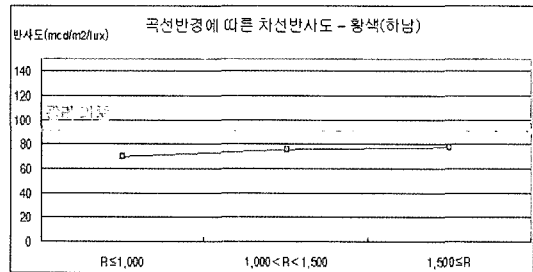
표 2. 곡선반경에 따른 차선반사도 및 대비지수

곡선반경 구분	측정거리 (chain)	차 선 반 사 도			비 고
		구 분	흰색 점선 (남이방향)	황색 실선 (하남방향)	
$R \leq 1,000$	7,208m (24chain)	반 사 도	83.5	69.2	도색시기 점선:03년 10월 실선:03년 4월 F검정결과 : 유의함 $F_{value} \geq 1.0$
		기준대비	0.70	0.77	
$1,000 \leq R \leq 1,500$	1,890m (13chain)	반 사 도	87.7	75.6	
		기준대비	0.73	0.84	
$1,500 \leq R$	21,977m (147chain)	반 사 도	139.4	77.6	
		기준대비	1.16	0.86	

주1) 구간대비 : 오르막차로 구간을 1.0이라 했을 때 오르막차로 전/후구간의 차선반사도 비율
주2) 기준대비 : 차선반사도 관리기준을 1.0으로 했을 때 측정차선의 차선 반사도 비율



(a)



(b)

그림 2. 곡선반경에 따른 차선반사도 - 흰색 점선(a), 황색 실선(b)



4.3 오르막차로구간 데이터 분석

오르막차로구간은 차량간 속도차 및 차선변경 빈도가 높고, 차로폭이 넓어 차선의 기능이 강조되는 구간이다. 오르막차로구간은 오르막차로가 설치된 구간으로 오르막차로 시점~종점까지로 정의하였으며, 주행로 우측 백색 점선을 측정하였다. 백색은 총 5,046m에 대해 17chain, 황색은 총 6,353m에 대해 30chain을 분석한 결과이다.

백색 오르막차로 전/후구간 차선반사도는 $72.00\text{mcd/m}^2/\text{luc}(\text{min}) \sim 308.3\text{mcd/m}^2/\text{luc}(\text{max})$ 로 조사되었다. 그러나 오르막차로구간 백색

평균 차선반사도는 $51\text{mcd/m}^2/\text{luc}(\text{min})$ 로 매우 낮은 수준의 차선반사도를 나타내었다.

황색 오르막차로 전/후구간 차선반사도는 $58.00\text{mcd/m}^2/\text{luc}(\text{min}) \sim 70.00\text{mcd/m}^2/\text{luc}(\text{max})$ 로 조사되었다. 오르막차로구간 황색 평균 차선반사도 $56 \sim 58\text{mcd/m}^2/\text{luc}$ 로 매우 낮은 수준의 차선반사도를 나타내었다.

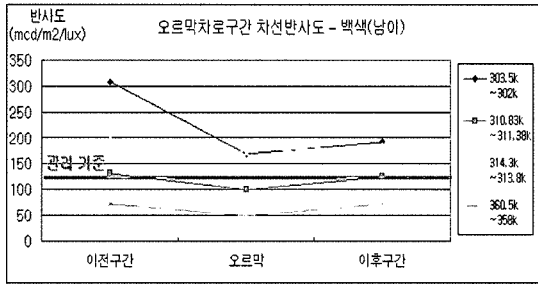
조사 결과 오르막차로 구간은 전/후구간에 비해 차선반사도가 낮은 것으로 확인되었다. 특히 황색의 경우 현행 황색 관리기준인 $90\text{mcd/m}^2/\text{luc}$ 의 60%수준으로 매우 낮은 수준의 차선반사도를 나타내고 있다.

표 3. 오르막차로 구간 및 전/후 구간의 차선반사도 및 대비지수

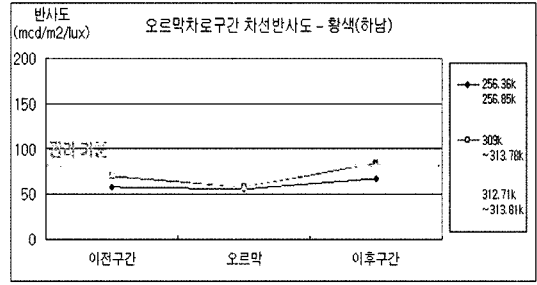
구분	위치	측정거리 (chain)	반사도 측정결과			경사도 (%)	
			구분	이전구간	오르막구간		이후구간
백색점선(남방향)	303.50k ~ 302.00k	1,500m (5chain)	반사도	308.3	168.3	191	3.70
			구간대비	1.83	1.0	1.13	
			기준대비	2.57	1.12	1.27	
	310.83k ~ 311.38k	546m (2chain)	반사도	131	99	126	4.00
			구간대비	1.32	1.0	1.27	
			기준대비	1.09	0.83	1.05	
	314.30k ~ 313.80k	500m (2chain)	반사도	199.7	173.3	184.7	4.50
			구간대비	1.15	1.0	1.07	
			기준대비	1.66	1.44	1.54	
	360.50k ~ 358.00k	2,500m (8chain)	반사도	72.4	51	72	4.00
			구간대비	1.42	1.0	1.41	
			기준대비	0.60	0.43	0.60	
황색실선(하남방향)	256.36k ~ 256.85k	486m (2chain)	반사도	58	56.5	67.5	3.62
			구간대비	1.03	1.00	1.19	
			기준대비	0.64	0.63	0.75	
	309.00k ~ 313.78k	4,780m (16chain)	반사도	70.0	58	84.0	3.50
			구간대비	1.21	1.00	1.45	
			기준대비	0.78	0.64	0.93	
	312.71k ~ 313.81k	1,105m (4chain)	반사도	73	58	82	3.50
			구간대비	1.26	1.00	1.41	
			기준대비	0.81	0.64	0.91	

주1) 구간대비 : 오르막차로 구간을 1.0이라 했을 때 오르막차로 전/후구간의 차선반사도 비율

주2) 기준대비 : 차선반사도 관리기준을 1.0으로 했을 때 측정차선의 차선 반사도 비율



(a)



(b)

그림 3. 오르막차로 구간의 차선반사도 - 남이방향(a), 하남방향(b)

4.4 IC구간 특성 데이터 분석

IC 구간은 IC 유입램프부터 유출램프까지 램프구간으로 정의하였다. 기능상 저속 주행구간이나 바퀴의 차선 침범이 많은 특성을 가지고 있고, 교통사고에도 취약한 구간으로 알려져 있다. IC구간은 IC유출램프에서 IC유입램프까지로 정의하고, 남이방향 유출·입 램프의 주행로 좌측 백색 실선 측정차로를 측정하였다. IC구간의 측정은 총 16,380m, 55chain에 대해 분석한 결과이다.

IC 전/후구간 평균 차선반사도 119.89mcd/m²/lux, 148.44mcd/m²/lux, IC구간 평균 차선반사도 75.61mcd/m²/lux로 IC구간의 차선반사도는 전/후 구간에 비해 약 1/2수준을 나타내고 있다. 또한 일측IC를 제외한 대부분 IC구간의 차선반사도가 60mcd/m²/lux~94mcd/m²/lux로 백색 차선관리기준 120mcd/m²/lux에 미달 되었다. (단, 평균산출시 일측 IC구간은 재도색 구간으로 제외)

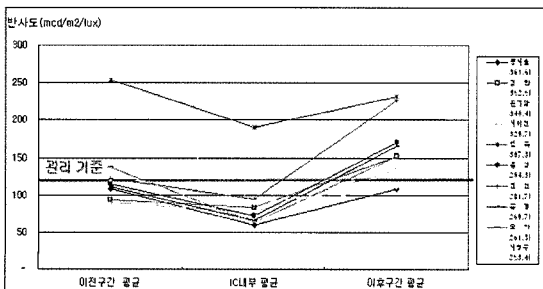


그림 4. IC내부 및 IC전/후 구간 차선반사도

조사결과 IC구간 공통적으로 전/후 구간에 비해 차선반사도가 매우 낮은 것으로 나타났으며, 현행 관리기준에 미치지 못한 것으로 조사되었다.

4.4 터널구간 데이터 분석

터널구간은 전후 밝기의 차이가 있고 시야의 범위가 급격히 줄어들어서 운전자의 각성수준이 대체적으로 감소한다는 연구결과 (김호영, 1999 ; 정봉조 등, 2001)가 있다. 따라서 터널구간에서는 특히 전방안내를 위한 차선반사도가 균일하게 유지함이 중요하다.

터널구간은 차로변경이 금지된 구간으로 터널전후에 비해 반사도가 낮을 근거가 작다. 기준이하의 값이 나올 수 있는 이유는 도색기간의 경과나 먼지일 가능성이 있다. 중부고속도로 도로관리자에 확인 결과 최근 몇 년간 중부고속도로에서 터널구간과 터널밖의 도색 시기, 재료, 공법에서 차이는 없었던 것으로 확인 되었다. 따라서 터널내의 차선반사도 감소 문제는 터널의 특이 환경에 기인할 가능성이 많다. 먼지에 의한 차선반사도 감소는 이미 여러 문헌에서 제시한바 터널구간에서의 차선반사도 감소는 먼지에 기인할 가능성이 많다고 할 수 있다(Kopf, 2004). 이러한 가정하에서 터널구간이 선정되었다.

측정대상의 터널구간은 터널시점~종점까지로 정의하고, 주행로우측 백색실선(남이방향), 중분대측

황색실선(하남방향)을 측정하였다. 중부고속도로 하남~남이구간내 중부1~4터널에 대해 조사분석 하였다. 백색은 총 1,392m에 대해 5chain, 황색은 총 1,389m에 대해 4chain을 분석한 결과이다. Laserlux 기계가 레이저를 사용하는 관계로 터널구간에 낮은 조도는 측정기계에 미치는 영향이 없었다

표 4. IC내부 및 IC 전/후 구간 차선반사도 및 대비지수

단위 : mcd/m²/lux

IC명	위치	측정거리 (chain)	구분	이전 평균	IC내부 평균	이후 평균
IC 평균	10개소	16,380m (55chain)	반사도	119.89	75.61	148.44
			기준대비	1.00	0.63	1.24
			구간대비	1.59	1.00	1.96
동서울	361.6k	1,140m (4chain)	반사도	108	60	108
			기준대비	0.90	0.50	0.90
			구간대비	1.80	1.00	1.80
경안	352.5k	1,160m (4chain)	반사도	93	83	152
			기준대비	0.78	0.69	1.27
			구간대비	1.12	1.00	1.83
끈지암	340.4k	2,570m (9chain)	반사도	62	75	114
			기준대비	0.52	0.63	0.95
			구간대비	0.83	1.00	1.53
서이천	329.7k	2,360m (8chain)	반사도	90	77	135
			기준대비	0.75	0.64	1.13
			구간대비	1.17	1.00	1.75
일죽	307.3k	1,310m (4chain)	반사도	254	191	231
			기준대비	2.12	1.59	1.93
			구간대비	1.33	1.00	1.21
음성	294.3k	1,380m (5chain)	반사도	115	72	170
			기준대비	0.96	0.60	1.42
			구간대비	1.60	1.00	2.36
진천	281.7k	1,950m (7chain)	반사도	122	94	227
			기준대비	1.02	0.78	1.89
			구간대비	1.30	1.00	2.41
증평	269.7k	1,190m (4chain)	반사도	111	66	166
			기준대비	0.93	0.55	1.38
			구간대비	1.68	1.00	2.52
오창	261.3k	1,570m (5chain)	반사도	137	64	152
			기준대비	1.14	0.53	1.27
			구간대비	2.14	1.00	2.38
서청주	253.4k	1,750m (6chain)	반사도	241	90	112
			기준대비	2.01	0.75	0.93
			구간대비	2.68	1.00	1.24

주1) 구간대비 : 오르막차로 구간을 1.0이라 했을 때 오르막차로 전/후구간의 차선반사도 비율

주2) 기준대비 : 백색 차선반사도 관리기준 120mcd/m²/lux이 1.0일 때, 측정차선의 차선 반사도 비율

주3) IC평균산정시 일죽IC는 제도색 구간으로 제외함

표 5. 터널 구간 차선반사도 및 대비지수 백색

단위 : mcd/m²/lux

터널명	측정거리 (chain)	백색 평균(납이방향)			
		구분	이전구간	터널내부	이후구간
터널평균	1,392m (5chain)	반사도	86	76	89
		구간대비 ^{주1)}	1.13	1.00	1.17
		기준대비	0.72	0.63	0.74
중부 1터널 355.8k	296m (1chain)	반사도	85	81	90
		구간대비	1.05	1.00	1.11
		기준대비	0.71	0.68	0.75
중부 2터널 351.5k	252m (1chain)	반사도	88	79	82
		구간대비	1.11	1.00	1.04
		기준대비	0.73	0.66	0.68
중부 3터널 350.2k	369m (1chain)	반사도	89	69	87
		구간대비	1.29	1.00	1.26
		기준대비	0.74	0.58	0.73
중부 4터널 273.2k	475m (2chain)	반사도	80	75	97
		구간대비	1.07	1.00	1.29
		기준대비	0.67	0.63	0.81

주1) 구간대비 : 오르막차로 구간을 1.0이라 했을 때 오르막차로 전/후구간의 차선반사도 비율

주2) 기준대비 : 차선반사도 관리기준을 1.0으로 했을 때 측정차선의 차선 반사도 비율

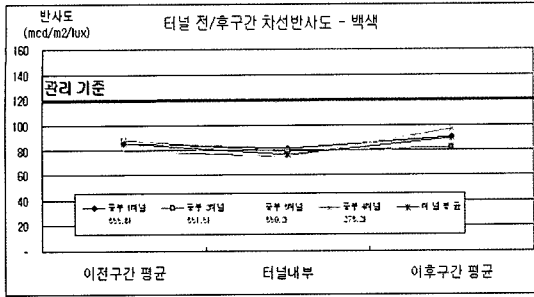
표 6. 터널 구간 차선반사도 및 대비지수 황색

단위 : mcd/m²/lux

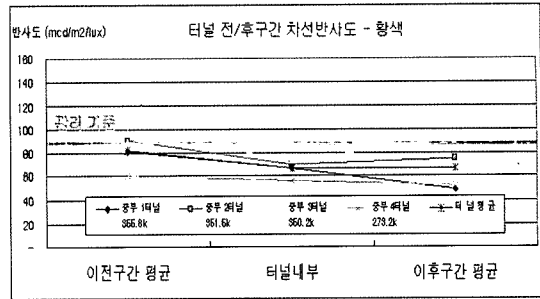
터널명	측정거리 (chain)	황색 평균(하남방향)			
		구분	이전구간	터널내부	이후구간
터널평균	1,392m (5chain)	반사도	89	67	67
		구간대비 ^{주1)}	1.34	1.00	1.00
		기준대비	0.99	0.74	0.74
중부 1터널 355.8k	296m (1chain)	반사도	81	66	49
		구간대비	1.23	1.00	0.74
		기준대비	0.90	0.73	0.54
중부 2터널 351.5k	252m (1chain)	반사도	90	70	75
		구간대비	1.29	1.00	1.07
		기준대비	1.00	0.78	0.83
중부 3터널 350.2k	369m (1chain)	반사도	97	74	90
		구간대비	1.31	1.00	1.22
		기준대비	1.08	0.82	1.00
중부 4터널 273.2k	475m (2chain)	반사도	60	56	52
		구간대비	1.07	1.00	0.93
		기준대비	0.67	0.62	0.58

주1) 구간대비 : 오르막차로 구간을 1.0이라 했을 때 오르막차로 전/후구간의 차선반사도 비율

주2) 기준대비 : 차선반사도 관리기준을 1.0으로 했을 때 측정차선의 차선 반사도 비율



(a)



(b)

그림 5. 터널구간 차선반사도-남이방향(a), 하남방향(b)

고 판단할 수 있다.

백색의 경우 터널 전/후 구간 평균 차선반사도 86mcd/m²/lux, 89mcd/m²/lux, 터널내부구간 평균 차선반사도는 76mcd/m²/lux로 나타나 터널구간의 차선반사도가 낮은 것으로 조사되었다. 또한 해당구간은 모두 백색 차선반사도 관리기준 120mcd/m²/lux에 미달되었다.

황색의 경우 터널 전/후 구간 평균 차선반사도 89mcd/m²/lux, 67mcd/m²/lux, 터널내부구간 평균 차선반사도 67mcd/m²/lux로 나타나 터널 구간 및 통과후 구간의 차선반사도가 낮은 것으로 조사되었다. 또한 황색 차선반사도 관리기준 90mcd/m²/lux에 미달되었다.

결과적으로 중부1~4터널의 백색 및 황색은 공통적으로 터널구간 차선반사도가 낮고 현행 관리기준에 미치지 못한 것으로 조사되었다. 터널구간은 전후에 오르막구간이 존재함을 특징으로 한다. 또한 터널 내부에서는 먼지로 인하여 차선반사도가 감소할 가능성이 매우 높다고 할 수 있다. 따라서 터널전후구간은 오르막구간으로 차선반사도가 중차량의 저속주행, 다수의 차로변경, 마찰력에 의한 차선반사도 마모가 많이 이루어져 차선반사도가 기준에 비하여 낮은 것으로 추정할 수 있다. 또한 터널구간은 상대적으로 차로변경이 적은대신 오물에 의해 차선반사도 저하가 나타날 수 있는 구간이므로 차선반사도가 저하된 것으로 추정할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구방향

5.1 결론

본 논문은 공용중인 고속도로에서 차선반사도 감소가 심할 것으로 예상되는 특정 기하구조 구간의 차선반사도의 증감의 특성을 확인하여 그 차별성을 밝히는 데 그 목적이 있다. 이를 통해 현행 최소차선반사도 즉, 차선반사도 관리기준과 비교하여 차선반사도의 차별적 관리가 필요함을 제시하고자 하는데 또한 목적이 있다.

이를 위하여 중부고속도로 하남~남이 구간을 대상으로 차선반사도 마모에 직접적인 영향을 받아 차선반사도가 감소할 것으로 예상되는 구간을 곡선 구간, 오르막차로구간, IC 구간, 터널구간으로 구분하여 비교 분석하였다.

데이터 수집 장비는 이동식 차선반사도 측정장비인 Laserlux IV를 이용하였다. 하남→남이 구간을 왕복 주행하면서 하남→남이 방향으로 최우측 백색 점선, 남이→하남 방향으로 중분대측 황색실선의 차선반사도를 측정하였다.

데이터 수집 및 분석결과 차선마모에 영향을 받아 차선반사도가 감소할 것으로 예상한 곡선구간, 오르막차로구간, IC구간, 터널구간에서는 공통적으로 차선반사도가 전/후 구간에 비해 낮은 것으로 조사되었다. 구체적인 결론은 다음과 같다.



곡선반경 기준으로 곡선반경이 작을수록 차선반사도는 감소하는 경향을 보이고 있었다. 특히 $R \leq 1,000$ 조건에서는 관련기준치 이하 이면서 직선구간에 비해 거의 50% 정도밖에 안되는 차선반사도를 보이고 있었다. 이는 기하구조의 불리함과 낮은 차선반사도가 결합하여 교통사고의 위험이 가중될 수 있음을 내포하고 있다.

오르막차로구간은 차량간 속도차 및 차로변경 빈도가 높고, 차로폭이 넓어 차선의 기능이 강조되는 구간이다. 오르막차로구간에서는 그 전후구간에 비하여 10~50%정도의 차선반사도 감소를 보이는 것으로 나타났다.

IC램프 구간은 기능상 저속주행 구간이지만 바퀴의 차선 침범이 많은 특성을 가지고 있고, 교통사고에도 취약한 구간으로 알려져 있다. IC 내부 구간에서는 IC 전후구간에 비하여 10~60%정도의 차선반사도 감소를 보이는 것으로 나타났다. 또한 본선 직선구간에 비해서는 더욱 더 낮은 차선반사도를 보이는 것으로 나타났다.

터널구간은 운전중 밝기의 차이로 인해 운전자의 시야의 범위가 급격히 줄어들고, 이로 인해 운전자의 각성수준이 대체적으로 감소하여 교통사고에 취약한 구간으로 알려져 있다. 또한 여러 가지 오물 혹은 때에 의해 차선반사도가 꾸준히 감소할 것으로 추정되는 구간이다. 터널구간에서는 차선반사도의 차이가 있었으나 그리 심각하지 않은 10%정도의 감소로 관찰되었다.

본 연구를 통해 고속도로 특정 기하구조에서 차선반사도 감소 정도를 알 수 있었다. 곡선반경 1000m 이하구간, 오르막차로구간, IC 램프구간, 터널구간이 취약구간으로 정의할 수 있었다. 이 구간에서는 전후구간에 비해 차선반사도가 10~60%에 이르는 것을 알 수 있었다. 따라서 이들 특정구간에 대해서는 차선반사도의 일관성 유지 혹은 최소차선반사도 이상 관리를 위해 차선시공에서부터 재도색까지 다른 일반구간과 차별화된 시공방법 유지관리기준이 적용되어야 함을 결론지을 수 있게 되었다.

5.2 연구토론사항

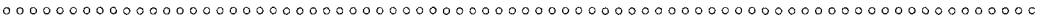
현재 고속도로에는 재도색 시행기준 또는 시행방법에 따라 시공된 차선이 관리기준에 미달된 상태로 존재하는 경우가 있고, 관리기준 상회구간에 대해서는 불필요한 도색을 시행하는 경우가 있다. 따라서 현행 차선반사도 유지관리는 경제성과 안전성면에서 비효율을 초래하고 있다. 또한 차선반사도, 재료특성에 대한 DB 부재로 인해 취약구간과 취약시기에 대한 차별화된 성능관리를 할 수 없게 되어 있다.

따라서 주기적으로 차선반사도를 측정하고 DB화하여, 차선의 수명을 예측하고 문제가 발생시 신속히 대응할 수 있도록 체계적인 관리가 이루어지도록 차선관리시스템 (pavement marking management system)의 도입이 이루어 져야 할 것이다. 차선반사도 DB에는 공법, 재료, 기후 등 차선 수명에 영향을 미치는 요인들을 변수로 한 수명에측 모델을 개발하여 체계적인 차선반사도 관리가 가능하도록 하여야 할 것이다.

본 논문에는 몇 가지 제약사항이 존재한다. 본 연구는 고속도로에 대한 사항이므로 고속도로의 시가지도로에 대해서는 차선이 운전자와 보행자에 미치는 영향이 본 연구와 매우 다를 것이므로 고속도로외 도로에의 본 결론을 적용하기 위해서는 추가연구가 병행되어야 할 것으로 생각되어 진다. 또한 본 연구 데이터는 고속도로 차선반사도가 제일 취약한 시기에 수집한 자료로 시간적으로 고속도로 전체로 대표성을 갖기 어려우므로, 대표값으로 활용키위해서는 추가 측정 및 분석, 타 노선에 대한 비교분석을 거침이 필요한 점을 명확히 할 필요가 있다.

참고문헌

1. CEN(European Committee for Standardization) (1995). *Road Equipment Horizontal Signalization Road Marking Performance For Road Users*, 22p
2. Graham & King (2001), *Retroreflectivity*



Requirement for Pavement Marking *TRR 1316*, *TRB*, Washington D.C..

3. Kopf, J. (2004), *Retroreflectivity of Pavement Markings: Aanalysis of Retroreflectivity Degradation Curves, 2004*, Washington D.C..

4. Lee, H. (2005), *Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.6*, pp 1089-1099.

5. Millar, T.D.(1993), Benefit-cost Analysis of Lane Marking. In *Public Road, Vol. 56, No.4*, pp. 153-163

6. *Laserlux User's Guide (2004)*, Roadware.

7. 경찰청(2000), *교통안전시설 실무편람*

8. 김호영 외 (1999), *고속도로 터널구간에서의 운전자 시각행태 변화에 관한 연구*, 대한토목학회 논문집, 제 20권 제3-D호

9. 오홍운 외(2003), *고속도로 차선반사도 관리기준 설정연구*, 연구보고서, 한국도로공사

10. 이은경(2000), *고속도로 IC램프 유출구간에서의 운전자시각행태 특성연구*, 석사논문, 명지대학교

11. 정봉조 외(2004), *터널구간 조명 및 교통안정성 개선방안 수립 기초연구*, 연구성과 발표회 논문집 19p, 한국도로공사

12. 한국도로공사(2005), *차선도색 시행기준*

〈접수 : 2005. 10. 25〉