

# 도로 노면표시용 재생 유리의 반사성능에 관한 실험적 연구

이명수(시립인천전문대학 토목과 교수)  
전찬기(시립인천전문대학 토목과 교수)  
박정준(인천대학교 토목환경공학과 연구교수)

## An Experimental Study on Retroreflec- tivity of Road Marking using Recycled Glass

Lee, Myung Soo/Jeon, Chan Ki/Park, Jeong Jun

## Abstract

Our country is consuming huge source of revenue to improve geometric structure of road with a view to improve safety of the road. However, it is more efficient to provide high-quality pavement markings to the road users.

For this purpose, in this study, it is considered the optical theory related to retroreflectivity of pavement marking along with the our country's study literature and foreign. And also considered ur country standard related to pavement marking, made pavement marking sample and measured retroreflectivity. For the experiment, it is selected colors of normal temperature-type paints, grading and content of glass bead as experiment factors. After it is made the same conditions like construction spot, measured retroreflectivity according to the combination of factors and analyzed the optimization of factors.

[Keywords : Load marking, Retroreflectivity, Recycled glass, Grain size of glass bead, Visibility]

## I. 서론

노면표시는 도로교통의 안전과 원활한 소통을 도모하고 도로구조를 보존하며 교통안전표지와 신호기를 보완하여 도로이용자에게 규제 또는 지시의 내용을 전달한다. 노면표시의 정보전달은 시각에 의존한다. 즉, 인간의 시각은 주행성이며 오랜기간 동안 보행속도에 적응되어 왔다. 노면표시가 야간에 자동차의 속도에 적응하기 위해서는 주간과 보행속도와 같은 환경이 제공될 필요가 있다. 주간과 유사한 환경의 제공을 위해 모든 안전시설물은 야간 반사화 혹은 조명시설을 하도록 정하고 있다. 이러한 노면표시는 도로이용자의 안전상, 시계가 양호한 주간보다도 어두운 야간에 그 중요성이 더욱 더 대두된다. 노면표시의 중요성을 인식한 국내의 도로관리청에서는 매년 전체 안전시설 투자비의 26% 이상을 노면표시의 신설 및 정비에 할당하고 있다(건설교통부, 1996).

일반적으로 밤 시간대의 교통사고 발생건수를 교통량으로 보정하여 계산하였을 때 낮 시간대의 사고율 보다 세배 이상 높은 것으로 알려져 있다(King and Graham, 1989). 이러한 밤 시간대 사고건수는 도로의 기하구조불량, 운전자의 조작미숙이나 과실, 야간 시인성 불량

이 원인이 될 수 있다. 또한, 우리나라에서는 매년 도로 교통사고로 인해 약 1만명의 사망자와 40만명의 부상자가 발생하고 있으며, 약 15조에 달하는 사회·경제적 손실이 발생하고 있다. 우리나라에서는 이러한 교통사고의 발생 원인을 크게 인적요인, 차량요인, 도로 기하구조요인으로 구분하고, 이 원인에 대한 대응책 마련을 통해 교통사고의 감소에 주력하고 있으며 상대적으로 노면표시의 중요성이 간과되고 있다.

노면표시는 다양하고 열악한 기후환경과 먼지, 배기가스 등 설치환경에 따라 표면이 손상되어 빛의 반사율이 현저하게 저하되므로 주기적인 반사성능의 검사에 의한 유지관리가 필요하기 때문에 야간의 안전운전을 위하여 보다 체계적인 설치 및 유지관리를 강화하는 것이 세계적인 추세이다. 그러나, 국내에서는 노면표시와 관련된 기준이 제시되어 있기는 하나, 그 기준 또한 관련기관별로 상이할 뿐만 아니라 현실적으로 시공현장에서 그 기준을 일일이 따른다는 것은 쉬운 일이 아니다. 현재 우리나라 일반국도에 설치된 노면표시의 경우에는 설치된 노면표시 반사성능이 어느 정도 현재 기준을 만족하고 있는지, 현재 기준이 차량 운전자의 시인성을 확보하기에 적합한 기준인지, 야간에도 적절한 반사성능을 나타내는지 등의 전반적인 현황 파악이 전무한 상태로 노면표시와 관련된 유지관리 및 의사 결정에 어려움이 많은 상황이다(건설교통부, 2006).

따라서, 본 연구에서는 노면표시의 다양한 시공방법 중에서 도료는 용착식 공법을 적용하고 재귀반사체인 유리알은 산포식(Drop-on) 공법을 적용하여 유리알의 종류, 입도 및 함량과 용착식 공법 적용시의 용융온도를 주요인자로 선정하여 노면표시 샘플을 제작하여 배합조건에 따른 재귀반사성능의 변화를 분석하였다. 또한, 각각의 조건에 따라 마모감량을 측정하여 구성인자의 내구성 실험을 수행하였다.

즉, 문헌고찰로 노면표시 재귀반사성능과 관련된 국내외의 연구동향 및 노면표시 관련기준을 조사하였다. 그리고 국내의 관련기관별로 상이한 기준을 제시하고 있는 노면표시 설치기준을 규합하여 통제된 조건하에서 실험을 수행하여 노면표시를 구성하고 있는 인자들간의 특성을 파악하였다. 실험의 수행과정은 시료의 준비, 노면표시 샘플의 제작, 재귀반사성능 및 마모감량의 측정으로 크게 구분된다. 인자는 용착형 도료의 용융온도, LCD의 원재료를 재활용한 개발품 및 국내의 제품에 따른 유리알의 종류, 체분석에 의한 유리알의 입도, 전자저울을 이용한 유리알의 함량으로 선정하였다. 그리고 노면표시 구성물을 세분화시켜 각각의 인자를 조합한 구성물로 노면표시 샘플을 제작하여 인자들간의 조합에 따른 야간시인성을 재귀반사성능 측정기를 이용하여 나타내었고, Taber 마모강도 시험기를 통해 마모감량을 산출하는 방식을 적용하여 도출하였다.

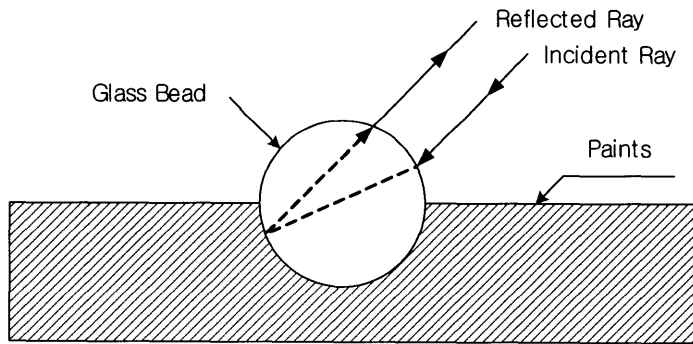
측정된 노면표시 재귀반사성능은 도료의 용융온도, 유리알의 종류 및 함량에 따른 미시적인 분석과 함께 동일한 유리알의 종류 및 함량조건에서 유리알의 입도에 따라 재귀반사성능이 변화하는 추세를 거시적으로 분석하였다. 또한, 분석된 결과를 바탕으로 국내 노면표시 반사성능 규격의 적정성을 파악하여 야간·우천시 시인성 향상 방법을 제시하는 등 국내 일반국도의 노면표시 반사성능에 관련된 문제점을 파악하고 개선방안을 모색하였다.

## II. 문헌고찰

### 1. 도로표지의 반사원리

노면표시는 선형유도를 통해 운전자가 안전하게 차량을 운행하기 위해 필요한 시각적인 정보를 제공함과 동시에 차량의 원활한 소통을 위해서도 필요하다. 이러한 노면표시의 기능은 주간에서는 물론 야간에서도 적정 수준으로 유지되어야 하며, 야간의 경우에는 빛의 재귀반사 원리를 이용하여 그 기능을 유지할 수 있다.

빛의 재귀반사란 물체에서 나온 빛이 다른 물체에 도달할 경우, 도달한 빛인 입사광선을 그대로 광원으로 되돌려 반사하는 것을 말한다. 즉, 물체에서 나온 빛이 어떤 물체에 닿은 뒤 원래의 자리로 다시 돌아가는 반사를 일컫는다. 이 때 어떠한 각도로 물체에 빛이 비치더라도 그 광원의 방향으로 빛을 반사한다. 이러한 재귀반사의 원리를 노면표시에 적용하면, 야간에 자동차의 전조등이 노면표시를 비추었을 때 그 빛이 운전자 방향으로 되돌아감으로써 야간에 노면표시의 시인성을 높일 수 있다. 노면표시에 사용되는 재귀반사 소재는 유리알이 이용되며, 노면표시 도료에 유리알을 첨가하거나 살포한다. 자동차의 전조등 빛은 <그림 2-1>에 나타난 바와 같이 유리알의 표면에 닿아서 일부는 표면 반사하고 대부분이 굴절하여 유리알 내로 입사하고 경계면에서 반사하여 유리알 내에 도달한다. 상부 유리알 표면에서 대부분의 빛이 광원 방향으로 되돌아감으로써 재귀반사가 된다.



<그림 2-1> 노면표시 유리알의 재귀반사원리

### 2. 노면표시 관련기준

#### 1) 도로표지용 도료와 유리알

도로표지용 도료는 도색방식에 따라 상온형(KS M5322), 가열형(KS M5336), 용착식(KS M5333) 도료로 분류되며 색상별로 백색, 황색, 청색으로 분류된다. 또한, 용착식 도료는 분체상의 도료 중에 유리알의 함유율을 상이하게 하여 1호 규격, 2호 규격, 3호 규격으로 구분

된다. 상온형 도료의 원료는 체질안료 및 합성수지이며 상온에서 도색하여 20분후에 도료가 불점착 시험기의 타이어에 붙지 않아야 한다(이동규와 오홍운, 2002). 가열형 도료는 상온형 도료의 원료와 거의 유사하며 가열하여 도색하여 10분 후에 도료가 불점착 시험기의 타이어에 붙지 않아야 한다. 용착식 도료는 가열·용해해서 도색하여 3분 후에 도료가 불점착 시험기의 타이어에 묻지 않아야 한다. 또한, 가열 및 용해 전·후의 황색 및 청색 도료의 색 변화는 명도차 5 단위를 넘지 않아야 한다. 추가적으로 용착식 도로표지용 도료는 교반기가 달린 탱크에 도료를 넣고 국부가열을 피하면서 도료를 균일하게 용융·교반하여야 하며 황색도료의 용융온도는 160℃를 넘지 않도록 조절하여 1시간 이내에 사용하여야 한다(KS M5333, 1995).

도로표지 도로용 유리알은 살포방식에 따라 유리알의 입도를 상이하게 적용한다. 산포식(Drop-on) 살포방식에는 유리알 1호 규격(106~850  $\mu\text{m}$ 의 입도)를 적용하고 압입식(Drop-in)에는 2호 규격(149~590  $\mu\text{m}$ 의 입도)를 적용하며 혼합식(Pre-mix)에는 3호 규격(83~210  $\mu\text{m}$ )을 적용한다. 도로표지용 도료에 사용하는 무색 투명한 반사용 유리알은 정상적인 입자의 집합으로 가벼운 충격을 주어도 무너지지 않는 덩어리가 있어서는 안되며 비중은 2.4~2.6, 굴절률은 1.50~1.64 범위이어야 한다. 또한, 구상의 입자로서 타원, 예각, 불투명, 이물질 및 입자간의 용착 등의 결점이 있는 것의 총계가 20% 이하이어야 한다.

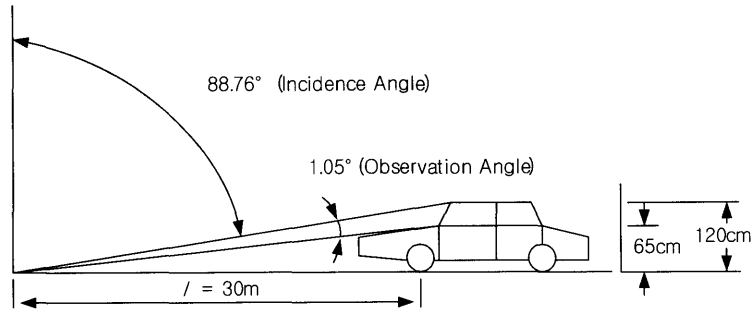
## 2) 우리나라의 노면표시의 재귀반사성능 기준

노면표시는 주·야간은 물론 기상조건 등에 관계없이 도로이용자에게 정확한 정보를 제공하도록 일정한 수준의 반사성능을 유지하여야 한다. 노면표시의 시인성과 관련한 기준치는 차량의 전조등에 반사되는 입사면의 재귀반사 명시도를 주로 사용한다. 재귀반사명시도는 입사각, 관찰각 그리고 도색 후 시기 및 재도색 시기에 따라 색채별로 기준치를 가진다.

노면표시의 반사휘도 측정은 10km 이내의 경우 1km당 최소 3개소를 초과하지 않는 범위 내에서 임의의 20개소를, 10km 이상의 경우 1km당 2개소를 추가 측정하여 이중 90%가 기준치 이상이어야 한다. 입사각과 관찰각은 통상 거리 30m에서 자동차의 전조등 높이 65cm, 운전자 눈의 높이 1.2m를 표준으로 할 때 입사각은 88.76°, 관찰각은 1.05°이다. <그림 2-2>는 입사각과 관찰각의 설명 예시도이다.

노면표시 반사성능 값은 시일이 경과함에 따라 유리알의 탈리 등으로 인해 점차 낮아지며, 이는 교통량 및 중차량비 등에 따라 차이가 있을 수 있다. 따라서 노면표시의 반사성능 값이 다음 표의 재도색 시기 기준값 보다 낮을 경우에는 재도색을 권장한다.

우리나라의 경찰청에서 발행한 교통노면표시 설치·관리 매뉴얼에서는 <표 2-1> 및 <표 2-2>와 같이 노면표시의 반사성능 기준을 규정하고 있다.



<표 2-1> 도로형 노면표시 반사성능(경찰청, 교통노면표시 설치·관리 매뉴얼, 2005)

단위 :  $mcd/m^2 \cdot Lux$

입사각	관찰각	구분	반사성능				비고	
			백색		황색			청색 (백색의 8%)
88.76°	1.05°	설치시	130		90		6	기준
		재도색 시기	도시내	외곽	도시내	외곽	2	권장
			50	80	30	50		

<표 2-2> 테이프식 노면표시 반사성능(경찰청, 교통노면표시 설치·관리 매뉴얼, 2005)

단위 :  $mcd/m^2 \cdot Lux$

입사각	관찰각	구분	반사성능		
			백색	황색	청색
86.50°	1.0°	설치시	300	175	64
86.50°	1.5°	설치시	240	136	48
88.76°	1.05°	설치시	160	87	32

### 3) 해외의 도로차선 반사성능 기준

#### (1) 미국

미국에서는 1993년부터 별도의 예산을 들여 MUTCD(Manual on Uniform Traffic Control Devices)에 차선과 표지판의 최소반사도 기준을 첨부하려는 연구를 진행하였으며, 2000년에 표지판의 반사성능 기준을 정립하였고 차선의 성능을 장기간 추적 조사하는 연구를 통해 최소반사도 기준을 설정해 나가고 있다.

초기 차선 반사성능 기준값은 ASTM D 6359에 제시되어 있으나 최소 반사성능에 대한 국가 표준은 현재 준비중이므로 각 주에서는 자체적으로 나름대로의 기준을 마련하여 시행

하고 있다. ASTM D 6359에 제시된 초기 차선 반사성능 기준값은 백색차선의 경우  $250 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ , 황색차선의 경우  $175 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ 를 제시하고 있다.

Florida 주와 Missouri 주에서는 초기 반사성능 기준값(설치시)을 각각 백색차선의 경우  $250 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ 와  $300 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ , 황색차선의 경우  $175 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ 와  $225 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ 로 제시하고 있으며, 최소반사성능 기준값(재도색)의 경우 Missouri 주에는 그 기준이 정해져 있지 않으며, Florida 주에서는 백색차선이 경우  $125 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ , 황색차선의 경우  $125 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ 를 제시하고 있다. Utah 주에서는 최소 반사성능 기준값을 Florida 주와 마찬가지로 백색과 황색차선 모두  $125 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ 를 제시하고 있다.

한편 North Carolina 주의 경우, 초기 반사성능 기준값(설치시)과 최소반사성능 기준값(재도색)을 각각 백색차선의 경우  $375 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ 와  $325 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ , 황색차선의 경우  $250 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ 와  $200 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ 을 제시하고 있으나 North Carolian 주는 30m 휘도측정기기가 아니 Mirolux 12 retro reflectometer를 사용하여 측정한 기준값을 나타내므로 다른주의 기준값과 비슷한 값을 나타내고 있다. <표 2-3>은 설치시와 재도색시의 미국에서의 도로차선 반사성능 기준값을 나타낸 것이다.

<표 2-3> 미국의 설치시와 재도색시 기준

단위 :  $\text{mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$

구분		ASTM D 6359	Florida	Missouri	Utah	비고
설치시	백색	250	250	300		
	황색	175	175	225		
재도색시	백색		250		250	
	황색		175		175	

(2) 일본

일본에서는 일반적인 정기점검을 시행하여 노면표시의 결모양, 박리, 야간시인성 각각에 대한 평가를 통해 식 (1)과 같이 종합평가를 실시하여 평가점수가 3이상인 되도록 유지하였으며, <표 2-4>에서 <표 2-5>는 각 평가항목에 대한 평가점수를 나타낸 것이다.

$$\text{종합평가} = 0.30A + 0.30D + 0.40N \tag{1}$$

여기서, A는 노면표시의 결모양 정도, D는 노면표시의 박리 정도, N는 노면표시의 야간시인성이다.

<표 2-4> 노면표시의 겉모양 평가

평가 등급	ASTM	보충
5	충분히 만족	시공초기와 다름없이 양호
4	약간 만족	약간 변색이 있지만 표시기능은 충분
3	일부 불만족	더러움, 변색, 블리드 등이 인정된다.
2	약간 불만	더러움, 변색 등이 뚜렷하다
1	불만족	원형이 없어지고 더러움이 있어서 식별성 나쁘다

<표 2-5> 노면표시의 박리 평가

평가등급	ASTM	박리도 확산
5	No. 8 이상	3% 이하
4	No. 8 ~ No. 6	3 ~ 8
3	No. 6 ~ No. 4	8 ~ 23
2	No. 4 ~ No. 2	23 ~ 40
1	No. 2 미만	40 미만

<표 2-6> 노면표시의 야간시인성 평가

평가 등급	반사율(ASTM) %	반사휘도( $mcd/m^2 \cdot Lux$ )
5	8% 이상	247 이상
4	6 ~ 8	186~247
3	4 ~ 6	123~186
2	2 ~ 4	65~126
1	2 미만	65 미만

도로차선 반사성능 기준은 설치시나 채도색시기를 막론하고 앞에서 언급한 바와 같이 국가별로 그 기준이 상이하다. 이것은 세계적으로 운전자에게 적합한 반사성능 기준을 정립하는 것이 그만큼 어려운 작업이라는 것을 반증하는 것일 수도 있다.

### 3. 노면표시 시인성 연구

#### 1) 노면표시 구성물간의 조합

도로교통안전관리공단(1997)은 노면표시의 시공조건을 최적화하기 위해 유리알 살포량, 색



도, 온도를 주요인자로 선정하여 반사성능과 내구성능에 영향을 미치는 인자와 최적조건을 도출하였다. 또한, 우리나라 실정에 적합한 노면표시 최하 반사성능 값을 도출하기 위해 3 종류의 실험을 실시하여 각각의 최하 반사성능 값을 구하였다. 현장실험 결과 및 외국의 연구결과들을 종합하여 검토한 결과 우리나라의 도로차선 반사성능 기준이 다소 낮게 책정되어 있는 것으로 나타나 설치시 기준을 백색  $130 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ , 황색  $92 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ , 재도색시 기준을 백색 도시내  $50 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ , 백색 외곽시  $80 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ , 황색 도시내  $30 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ , 외곽  $50 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ 로 제안하였다.

한국도로공사(2003)에서는 운전자 반응실험과 통계적 기법을 통해 최소차선반사도(30m 측정기하 기준)를 백색차선의 경우  $120\sim 130 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ , 황색차선의 경우  $90\sim 100 \text{ mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ 로 제안하였으며, IC 진출입부에서의 차선마모도 모형을 수립하였다.

Rich 등(2002)은 노면표시에 포함되어 있는 재귀반사체인 유리알의 함량에 따른 노면표시 표면의 유리알 점유율 및 재귀반사성능을 연구하였다. 유리알 함량에 따른 미시적인 변화를 관측하기 위하여 다양한 통제조건하에서 다음과 같은 과정으로 실험을 수행하였다. 시료대를 제작하여 중량을 측정, 페인트와 유리알을 구성된 노면표시를 시료대에 도색한 직후 중량을 측정, 시료대를 통제된 조건에서 건조후 중량을 측정하여 노면표시에 포함되어 있는 유리알의 함량을 측정하였다. 측정결과, 시료대에 도색된 노면표시에 포함된 유리알의 점유율은 통제된 조건에서 유리알 함량의 증가에 따라 높아지고 재귀반사성능은 유리알 점유율의 증가에 따라 높아지기는 하나, 유리알의 점유율이 약 20% 이상인 지점부터는 증가율이 급격히 감소한다는 결론을 도출하였다.

Zhang과 Wu(2003)는 노면표시 재귀반사성능의 물질(Duralbe Tape, Epoxy, Preformed, Thermoplastic, Waterborne Paint), 색상(백색, 황색), 표면유형(Asphalt, PCC)에 따른 변화를 비교 분석하였다. 노면표시는 색상의 영향을 많이 받으며 황색보다는 백색에서 높은 재귀반사성능이 나타났고, 노면표시 물질중 기계조된 물질에서 높은 재귀반사성능이 나타났으며, 노면표시의 재귀반사성능은 아스팔트 표면보다는 시멘트 표면에서 빠르게 감소하는 것으로 나타났다. 열가소성(Thermoplastic) 물질의 노면표시는 아스팔트 표면에서 효율적이며 열경화성(Epoxy)물질의 노면표시는 콘크리트 표면에서 효율적이다. 추가적으로 열가소성 물질의 노면표시는 콘크리트 표면에서 재귀반사성능의 한계가 발생되므로 실질적으로 열가소성 물질의 노면표시는 콘크리트 표면에서 만족스럽지 못하다는 결론을 도출하였다.

## 2) 외부적인 환경의 변화

Schnell과 Ohme(2002)은 노면표시의 폭원(4-inch, 6-inch, 8-inch) 및 구성물(Paint+Beads, Ceramic Element, Wet-Weather Tape, Paint+Beads+RPMs), 노면의 상태(건조, 습윤) 및 운전자의 연령(65세 기준)에 따른 노면표시의 야간 시인성을 연구하였다. 운전자들은 노면표시의 높은 야간 시인성을 요구하며 동일한 조건에서 고령의 운전자들이 노면표시 야간 시인성에 더욱 더 만족을 느낀다. 일반적인 (Paint+Beads) 물질의 노면표시 폭원의 증가는 시인성

향상에 효과적이지 못하고 습윤용 테이프(Wet-Weather Tape) 물질의 노면표시는 습윤한 노면상태에서 시인성을 큰 폭으로 향상시키며 무기요소(Ceramic Element) 물질의 노면표시는 어떠한 조건에서도 안정적으로 시인성을 향상시키므로 노면표시의 시인성을 향상시키는 수단이기도 하나, 표지병(RPMs)의 설치가 노면표시의 시인성 향상을 위해서는 가장 효과적인 방안이라는 결론을 도출하였다.

Parker와 Mesa(2003)은 노면표시 재귀반사성능의 만족도를 연령(55세 기준)에 따라 분석하였다. 운전자들이 노면표시 재귀반사성능에 만족하는 범위는 통상적으로 70~170  $mcd/m^2/lux$ 라고 분석하였다. 이러한 결과를 운전자의 연령으로 분류하면 55세 이하의 운전자들은 노면표시 재귀반사성능이 80~130  $mcd/m^2/lux$ 에서 만족하고 55세 이상의 운전자들은 120~165  $mcd/m^2/lux$ 에서 만족한다고 분석하였다. 또한, 곡선부 도로에서는 노면표시 재귀반사성능이 130  $mcd/m^2/lux$ 에서 대부분의 운전자들의 만족도가 감소하는 결과와 아울러, 사회가 고령화됨에 따라서 발생하는 고령 운전자들의 증가를 감안할 때, 노면표시 재귀 반사성능은 160~165  $mcd/m^2/lux$ 로 향상시켜야 한다는 결론을 도출하였다.

### 3) 노면표시 구성물

Abboud와 Bowman(2002)은 노면표시의 물질(Paint, Termoplastic)별 마모에 의해서 평가되는 효율성을 내구성능 감소를 기반으로 연구하였다. 일반적으로 페인트 물질의 노면표시가 열가소성 물질보다 설치비용 및 재도색 시기만을 고려할 때 효율성이 높게 평가된다. 그러나, 페인트 물질의 내구성능 감소는 급속하게 진행되는데 반하여 열가소성 물질은 완만하게 진행되어 내구성능 감소에 따른 효율성은 열가소성 물질이 높게 나타난다. 이러한 결과를 통해서 노면표시의 물질별 설치 비용, 재도색 시기, 내구성능 감소를 고려한 효율성은 교통량에 따라서 사이한 차이를 보이기는 하나, 페인트 물질 대비 열가소성 물질이 약 37~128% 증가된다는 결론을 도출하였다.

Thamizharasan 등(2003)은 고속도로 노면표시의 재귀반사성능 내구연환을 산정하기 위한 방법론을 연구하였다. 노면표시의 재귀반사성능에 영향을 주는 요인인 노면표시의 물질(Thermoplastic, Epoxy), 색상(백색, 황색), 노면유형(Asphalt, PCC)에 따라서 산정식을 예측해본 결과, 통제된 조건에 적용되는 독립변수는 교통량이 아닌 노면표시 도색 수 경과시간이며 도색 직후 비선형으로 감소하는 재귀반사성능은 통제된 조건에 따라서 상이하게 나타나기는 하나 일정한 시간이 경과한 후 선형으로 변화되어 감소한다는 결과를 도출하였다. 또한, 노면표시의 재귀반사성능을 급속하게 감소시키는 영향으로 강설에 따른 제설작업이며, 이러한 영향은 비선형이 적용되던 노면표시 재귀반사성능을 일정한 시간의 경과없이 감소 형태를 선형으로 변화시킨다는 결과를 도출하였다. 이러한 결과로 노면표시 재귀반사성능의 내구연환을 산정한 결과, 아스팔트 표면에 열가소성 백색은 65개월, 황색은 103개월, 콘크리트 표면에 열경화성 백색은 48개월, 황색은 75개월이라는 결론을 도출하였다.

### Ⅲ. 실험 내용 및 방법

본 실험에서 선정된 주요인자는 유리알의 종류(자체개발품, 국내제품, 국외제품), 유리알의 재귀반사성능 개선을 위한 대구경 유리알과 현기준에 사용중인 유리알 입도, 유리알의 함량, 그리고 도료의 용융온도에 따라 구분하여 실험을 수행하였다. 도료는 용착식 도로표지용을 백색으로 하여 선정하였고, 유리알의 입도는 KS L2521 기준에 의거 적용가능한 표준망체로 체분석하여 유리알의 입도를 선정하였다. 또한, 유리알의 함량은 체분석에 의해서 얻어진 유리알을 “교통안전시설 설치편람”의 기준으로 노면표시의 단위면적에 따라 환산하여 선정하였다. 본 실험의 수행과정은 시료의 준비, 노면표시 샘플의 제작, 재귀반사성능 측정, 마모감량 측정으로 크게 구분된다.

#### 1. 시료의 준비

시료 준비시 우선적으로 고려하여야 할 사항은 노면표시 샘플의 면적이며, 본 실험에서는 ASTM D 6359 규격에 따라 150mm×150mm×5mm(가로×세로×두께) 크기로 제작하였다. 또한, 내구성 실험은 ASTM D 3884 규격에 의거 실제 현장실험을 필요로 하나 1년 이상의 기간이 필요하기 때문에 직경 110mm로 시편을 제작한 후 실험실에서의 Taber 마모강도시험기를 통해 마모감량을 산출하는 방식을 적용하였다. 이에 의하여 소요되는 시료는 “교통안전시설편람”에 제시된 기준을 근거로 하여 샘플 면적으로 환산, 입도별로 전자저울을 이용하여 각각의 시료를 준비하였다.

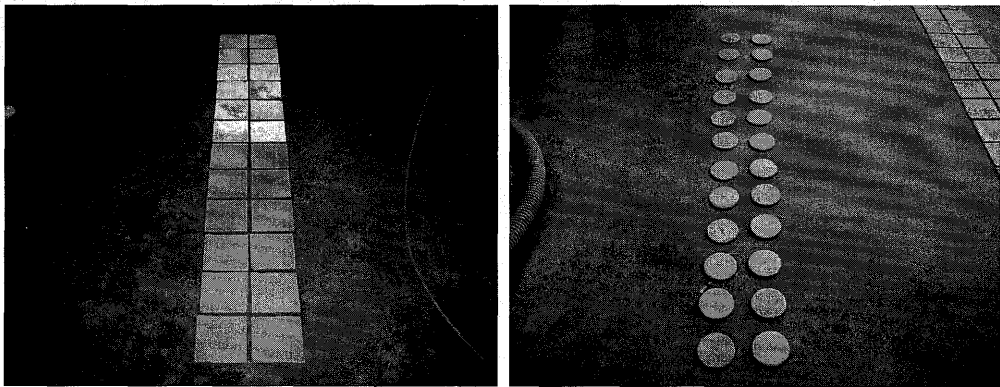
#### 2. 노면표시 샘플의 제작

용착식 노면표시의 용융온도는 180℃ 정도에서 10~20분 가열하는 것으로 정해져 있으나, 예비 실험결과 160℃ 이하에서는 도료의 용융이 잘 이루어지지 않았고, 220℃ 이상의 온도 상태에서는 재료의 색상 등에 변질이 오는 것이 발견되어 170℃와 210℃ 범위내에서 실험하는 것으로 하였다. 용융시간은 15분으로 고정하였고, 온도수준은 20℃ 등간격으로 170℃, 190℃, 210℃의 3개 수준으로 예비실험으로 수행하였다. 결과, 온도는 유리알 살포시, 재료의 질기 정도를 결정하는 것으로 가열식이나 용착식의 경우 유리알을 중력에 의해 침하시킬 때 질기정도에 따라 반사성능에 영향을 준다. 즉 질기정도가 낮으면 유리알은 모드 밑으로 침전되어 표면에 유리알이 없기 때문에 빛을 반사할 수 없어 반사성능이 떨어지고, 또 온도가 낮아 굳어있는 상태면 유리알이 침투되지 않아 반사성능이 낮게 나타났다.

유리알 품질은 KS L 2521에 규정한 유리알 1호에 해당되는 것으로 국외제품, 국산 KS 규격품과 본 연구에서 개발된 유리알 제품의 3개 제품으로 하였다.

유리알 고착율은 살포할 때의 온도와 관련되지만 Premix 된 유리알은 크게 영향이 없기 때문에 KS에서 정한 유리알 함량을 15%(1호)로 고정시키고 중력시 살포량을 증가하는 방식으로 수준을 정하였다. 도료의 중량을 기준으로 중력식에 사용된 유리알은 중량비 10% 간격으로 10%, 20%, 30%의 수준을 채택하였다.

마지막으로 내구성 실험은 실제 현장실험을 필요로 하나 1년 이상의 기간이 필요하기 때문에 실험실에서 Taber 마모강도시험기를 통해 마모감량을 산출하는 방식을 적용하였으며, <그림 3-1>에 나타낸 바와 같이 노면표시 도료의 각 조건에 따라 재귀반사성능과 마모감량을 측정하기 위하여 샘플을 3장 더 추가하여 제작하였다.



(a) 재귀반사성능 실험 샘플

(b) 내마모성 실험 샘플

<그림 3-1> 제작된 노면표시 샘플

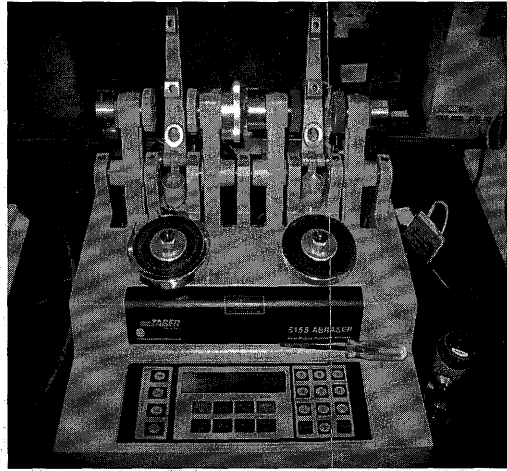
### 3. 실험 측정

제작된 노면표시 샘플은 <그림 3-2>에 나타낸 바와 같이 ASTM E1710 규정에 의해 제작된 재귀반사성능 측정기(NeoLight PR2000)를 이용하여 측정하였다.

노면표시 샘플의 제작이 수작업으로 이루어진 관계로 유리알의 살포가 균일하게 이루어지지 않을 수도 있다는 전제하에 샘플의 상단, 중단, 하단부를 측정하여 평균값을 분석시에 사용하였으며 1회의 측정시 마다 기기의 영점을 맞춘 직후 측정하여 노면표시 샘플의 제작 및 재귀반사성능의 측정시 발생할 수 있는 오차를 최소화하였다. 또한, <그림 3-3>은 Taber 마모강도 시험기를 나타낸 것으로서 각각의 인자조건에 따라 직경 110mm로 제작된 샘플을 교통안전시설편람에 근거하여 마모감량을 측정하였다.



<그림 3-2> 노면표시 재귀반사성능 측정



<그림 3-3> 내마모성 실험 측정 장치

## IV. 실험 결과 및 분석

### 1. 노면표시 재귀반사성능

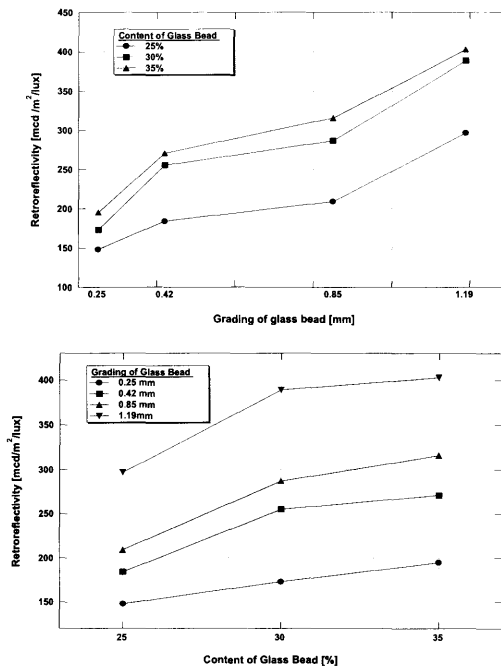
#### 1) 용융온도에 따른 예비실험

본 실험을 수행하기 전 온도에 대한 영향을 고정하기 위하여 예비실험을 수행하였다. 결과, 유리알 함량이 적은 것은 온도 170℃에서는 낮고, 190℃에서 가장 좋은 고착율을 나타내었다. 또 온도 170℃에서는 유리알의 살포량이 낮을수록 재귀반사 휘도계수가 높기 때문에 유리알 살포관리가 용이하다고 판단된다. 그러나 190℃에서는 유리알 함량이 높을수록 재귀반사 휘도계수가 떨어진다. 이것은 묽은 상태에서 유리알이 침전하거나 뭉쳐져서 고착되기 때문인 것으로 판단된다. 다만, 210℃ 상태에서 유리알 함량이 가장 많을 때 미세한 정도로 높아지는 결과가 도출되었는데 이는 온도 170℃에서 190℃로 변화하면서 재귀반사 휘도계수가 올라간 것과 동일하게 해석할 수 있는데 이것은 과도한 유리알의 살포가 용융온도를 낮추어 마지막 순간에 살포된 유리알들이 표면고착율을 높인 것으로 유추해석 할 수 있다.

그러나 예비실험 결과 놓은 온도에서 용융시 재료의 변질이 나타나 고온에 의한 도료손상의 우려와 210℃ 근방에서는 전반적으로 재귀반사 휘도계수가 낮게 분포되어 고려대상에서 제외함이 타당하다고 본다. 따라서 온도 170℃ 근방에서는 유리알 살포량을 늘려주고, 190℃ 근방에서는 오히려 유리알 살포량을 줄이는 것이 유리하다. 현장적용에 있어서는 온도를 정확하게 유지하기 어렵기 때문에 노면표시 재귀반사 휘도계수의 균계도를 높이기 위해 KS 규격에서 정하고 있는 온도인 180℃ 근방에서 용융하여 설치한다면 유리알 함량과 무관하게 기준에 적합한 반사성능을 유지할 수 있을 것으로 사료된다.

## 2) 국산제품 노면표시의 재귀반사성능

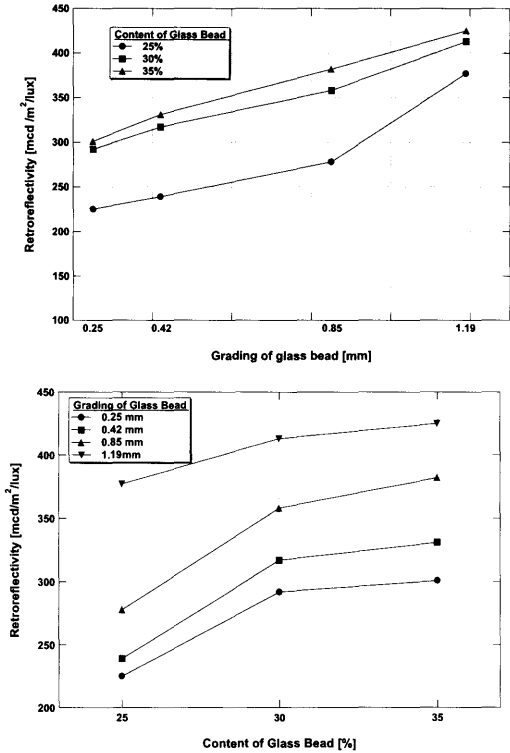
국산제품 노면표시의 재귀반사성능은 유리알의 조합이 대구경(1.19mm), 고함량(35%)에서 가장 높은 재귀반사성능이 측정되었으며, 저입도(0.25mm), 저함량(25%)에서 가장 낮은 재귀반사성능이 측정되었다. <그림 4-1>에 나타난 바와 같이 고함량일 때 보다는 고입도일 때 안정적으로 높은 재귀반사성능이 측정되었다.



<그림 4-1> 국내제품 노면표시의 유리알 함량과 입도에 따른 재귀반사성능

## 3) 외국제품 노면표시의 재귀반사성능

외국제품 노면표시의 재귀반사성능도 국내제품과 마찬가지로 유리알의 조합이 대구경 (1.19mm), 고함량(35%)에서 가장 높은 재귀반사성능이 측정되었으며, 저입도(0.25mm), 저함량 (25%)에서 가장 낮은 재귀반사성능이 측정되었다. <그림 4-2>에 나타난 바와 같이 고함량일 때 보다는 고입도일 때 안정적으로 높은 재귀반사성능이 측정되었다.

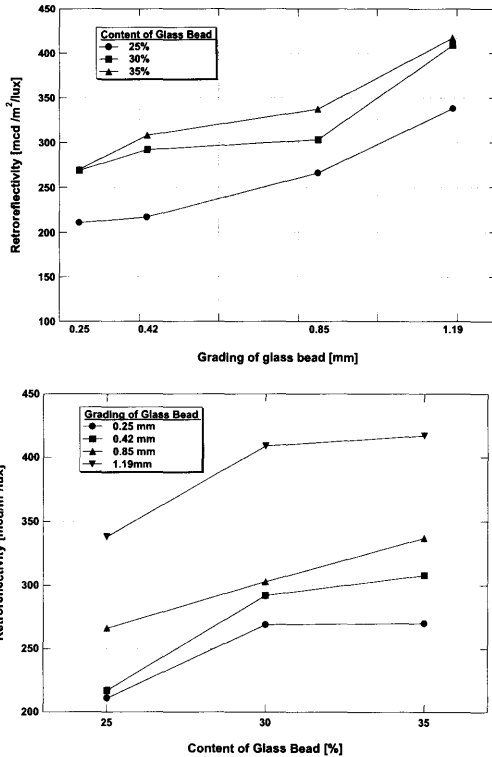


<그림 4-2> 외국제품 노면표시의 유리알 함량과 입도에 따른 재귀반사성능

#### 4) 재생유리 제품 노면표시의 재귀반사성능

재생유리 제품은 LCD의 재활용 재료로서, 공장에서 폐기물로 매립처분시 재료를 분쇄하여 만든 제품이다. 개발제품 노면표시의 재귀반사성능도 국내외 제품과 마찬가지로 유리알의 조합이 대구경(1.19mm), 고함량(35%)에서 가장 높은 재귀반사성능이 측정되었으며, 저입도(0.25mm), 저함량(25%)에서 가장 낮은 재귀반사성능이 측정되었다. <그림 4-3>에 나타난 바와 같이 고함량일 때 보다는 고입도일 때 안정적으로 높은 재귀반사성능이 측정되었다.

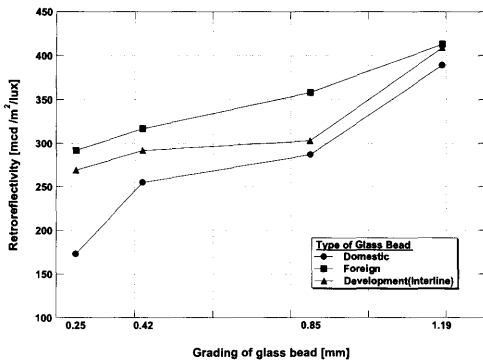
모든 제품에서 유리알 함량을 25%에서 30%로 증가시켰을 경우 높은 재귀반사성능 증가 비로 나타내었으나, 유리알 함량이 35%일 경우에는 재귀반사성능이 30%일 때보다 크게 증가하지 않고 있다. 따라서 노면표시는 어느 정도 함량 이상의 유리알을 살포하여야만 안정적으로 높아 재귀반사성능을 나타내어 시공 시 유리알 함량이 30%일 때를 최적 조합으로 함이 적절하다고 판단된다.



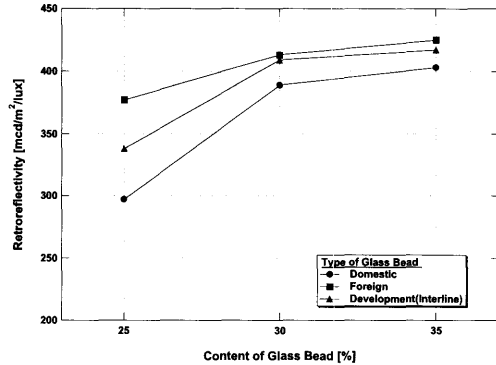
<그림 4-3> 재생유리 제품 노면표시의 유리알 함량과 입도에 따른 재귀반사성능

또한 <그림 4-4>에 나타낸 바와 같이 유리알의 함량에 따른 노면표시의 재귀반사성능은 일반적으로 유리알의 함량을 증가시킬수록 높은 재귀반사성능이 측정되었으며, 동일한 유리알 함량에서 국내제품의 재귀반사성능을 기준으로 비교할 때, 평균적으로 외국제품의 경우 약 31%, 재생유리 제품의 경우 약 21%의 재귀반사성능이 증가하는 것으로 보아 본 연구에서 개발된 재생 유리알 제품은 우수하다고 판단된다. 또한, 분석된 모든 제품에서 대구경 유리알(1.19mm)일 경우, 재귀반사성능이 높게 측정되었다. 따라서 유리알 함량 30%를 기준으로 대구경유리알과 적절히 조합하면 현재 반사성능 기준을 높게 보완하여도 무리가 없을 것으로 사료된다.





(a) 유리알 함량 30% 기준시

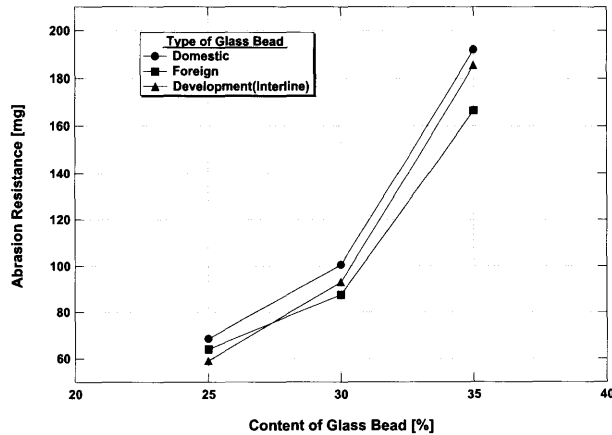


(b) 대구경 유리알 기준시

<그림 4-4> 각 유리알 제품에 따른 반사성능

### 5) 내마모성

<그림 4-5>에 나타난 바와 같이 유리알 함량이 많을수록 마모감량이 많았다. 이는 도료의 체결재와 유리알의 박리에 의한 결과로 사료된다. 즉, 유리알 함량이 많게 되면 유리알의 과다 박리로 내구성에 있어 문제가 있고, 시인성에 있어서도 비효율적이다.



<그림 4-5> 유리알 함량에 따른 마모감량(대구경유리알)

## 2. 도로차선 재귀반사성 향상 방안

도로차선의 반사성능에 대한 규정은 야간의 반사성능을 기준으로 규정하고 있다. 낮에는 도로차선에 사용되는 도료만으로도 차선을 식별할 수 있지만 야간에는 도료만으로는 도로차선을 식별할 수 없어 도료에 유리알을 첨가하고 이 유리알을 통해 자동차에서 비쳐지는 빛이 반사되어 도로차선을 식별할 수 있게 되는 것이다. 그러나 야간 우천시에는 노면을 통해

빗물이 흐르게 되고 이 빗물은 유리알 표면에 수막을 형성하여 자동차에서 비쳐지는 빛의 난반사 현상으로 도로차선을 식별할 수가 없다. 이 현상은 도로차선의 반사성능과 관계없이 도로차선을 식별할 수 없어 도로이용자의 안전에 중대한 영향을 미치는 부분임에도 불구하고 아직까지 이와 관련된 규정은 마련되어 있지 않다.

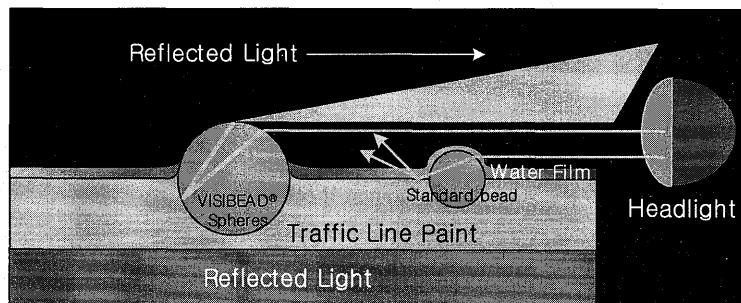
본 연구에서는 새로운 공법, 외국의 적용사례 등 국내 적용 가능한 야간 우천시 도로차선 시인성 향상 방안을 검토하였다.

### 1) 실험결과 반사성능 우수한 대구경 조합 유리알 사용

앞선 실험결과에 나타난 바와 같이 야간시 차선 식별이 어려운 원인은 차선 위에 있는 물이 유리알 표면에 수막을 형성하여 자동차의 빛이 재귀반사 되지 못하고 난반사하기 때문이다. 이러한 점에 착안하여 유리알을 조합하여 대구경 조합 유리알에 대한 재귀반사성 향상 방안을 제안하였다.

대구경 유리알은 기존 유리알 보다 약 1.5~2배 정도 크고 반사성능도 일반적인 유리알 보다 우수한 것으로 대구경 조합 유리알의 도로차선의 원리를 <그림 4-6>에 나타내었다. 즉, 본 실험결과에서와 같이 여러개의 소구경 유리알을 하나로 뭉쳐서 대구경 형태로 제작하여 개발한 유리알 조합은 그 효과를 충분히 만족하였다.

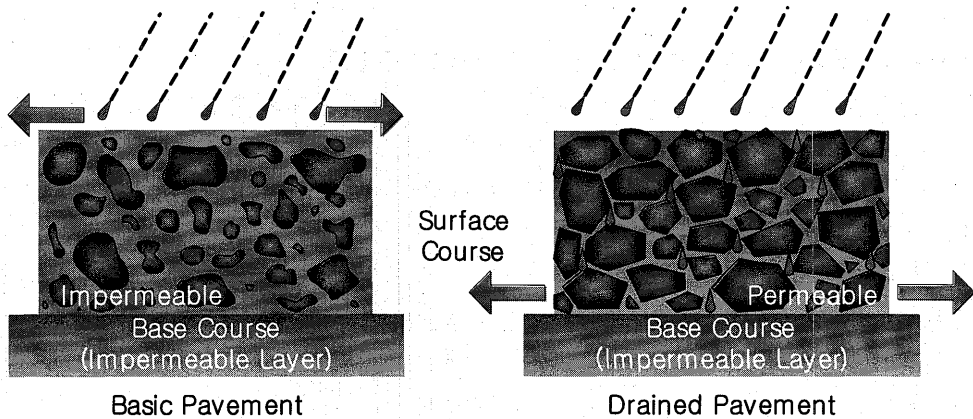
따라서 대구경 조합 유리알을 사용하여 야간시 시인성을 확보하기 위해서는 상기 결과에 나타난 바와 같이 굴절률이 높은 유리알을 적절히 혼합하여 사용할 것을 권고한다. 일반적으로 사용되는 유리알의 굴절률이 1.5 정도로 굴절률이 1.9이상 되는 고굴절 유리알을 사용해야한다. 굴절률이 1.5정도의 유리알은 노면이 건조한 경우에는 시인성을 확보할 수 있지만, 우천시 노면이 습윤상태에서는 그 기능이 유지할 수 없다. 굴절률이 1.9 이상 되는 고굴절 유리알은 노면이 건조한 경우에는 그 기능이 발휘되지 못하고 습윤상태에서 그 기능이 나타나기 때문에 주·야간 및 우천시 차선의 시인성을 확보하기 위해서는 굴절률이 다른 유리알을 적절히 혼합하여 사용해야 할 것이다.



<그림 4-6> 대구경 유리알 도로차선 원리

### 2) 배수성 포장의 적용 확대

배수성 포장은 20% 정도의 공극을 갖는 아스팔트 포장으로 우천시 공극을 통해 빗물을 신속히 배수시키는 포장공법이다. 배수기능으로 인한 빗길 미끄럼 저항성 개선, 수막현상 감소, 물보라 현상 감소, 야간시인성 향상 등의 기능 외에도 혼합물 속의 공극으로 인한 자동차 소음의 저감기능도 확인되어 저소음포장으로도 적용되고 있다. <그림 4-7>은 기존 아스팔트포장과 배수성포장의 구조를 나타낸 것이다.



<그림 4-7> 기존포장과 배수성 포장

배수성포장에서는 우천시 즉시 배수되기 때문에 노면에 물이 고이지 않아 물튀김 현상을 방지할 수 있다. 물튀김 현상은 야간 우천시 난반사 현상과 함께 도로차선을 식별하기 어렵게 만드는 현상 중 하나이며, 주간에도 도로차선의 식별이 어렵게 되는 현상이다. 물튀김 현상은 노면위에 상당히 얇은 층의 물일지라도 자동차 타이어에 의해 상당한 양의 물보라가 발생될 수 있다. 기존 아스팔트포장의 횡방향 배수가 너무 느려서 물보라 현상을 예방하기 어렵다. 이러한 물보라 현상은 자동차의 속도와 관계가 있으며 50km/h 이하에서는 큰 문제가 발생하지 않고, 110km/h의 속도에서는 실제로 앞이 보이지 않을 정도로 심각한 문제를 야기한다. 따라서 이러한 물보라 현상은 속도가 낮은 도시구간의 도로보다 80km/h 이상의 고속주행도로에서 심각한 문제가 된다. 배수성포장의 표면은 표면에 수막이 형성되는 것을 방지하여 물보라현상을 크게 줄일 수 있다.

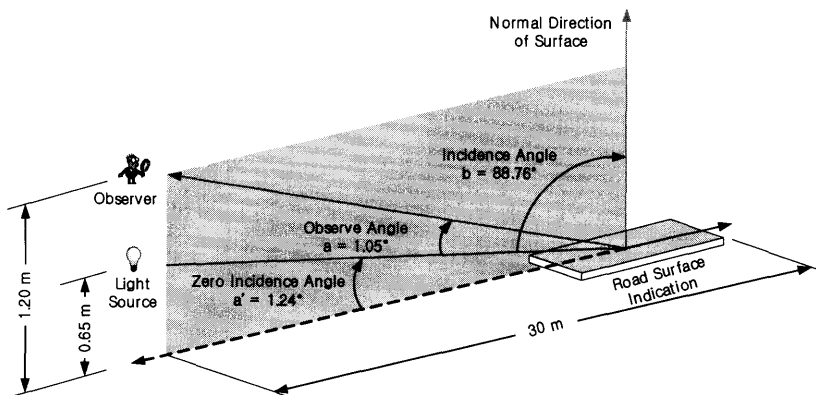
노면의 젖은 상태에서 야간에 운전할 경우, 전조등, 가로등 그리고 도시에서의 네온사인 등으로 인한 난반사와 눈부심 현상이 발생하여 차선이 안보여 안전운전에 상당한 어려움을 겪게 된다. 그러나 배수성포장에서는 노면에 수막이 없기 때문에 빛이 반사되지 않아 차선을 명확히 확인할 수 있으며 특히 시내구간에서 운전의 시인성을 크게 개선해 줄 것으로 사료된다.

### 3) 고휘도 차선 반사테이프 사용

테이프식 차선은 공장에서 제작되어진 차선 테이프를 현장에서 바로 부착하기 때문에 도로형 차선에 비해 시공이 용이하고 품질관리를 할 수 있으며, 도로형 차선에 비해 고굴절의 유리알을 사용하여 야간 우천시에도 시인성을 확보 할 수 있다. 그러나 테이프식 차선은 도로형 차선에 비해 상대적으로 고가의 비용이 소요되기 때문에 적용에 있어서는 제한적일 수 밖에 없다.

표지병은 야간 우천시 시인성을 보완하기 위해 가장 보편적으로 사용되고 있지만 탈리로 인한 사고의 위험성이 있어 이러한 위험이 우려되는 구간에는 테이프식 차선을 사용하는 것이 사고의 위험도 줄이고 야간 우천시 시인성도 확보할 수 있는 방안 중에 하나이다.

테이프 차선을 표지병 대안으로 설치하기 위해서는 표지병을 설치했을 때의 효과를 나타낼 수 있는 적절한 길이만큼 테이프 차선을 부착해야 한다. <그림 4-8>은 노면표시의 측정기하를 나타내었다.



<그림 4-8> 노면표시의 측정기하

#### 4) 돌출형 도로차선의 사용

돌출형 도로차선은 통상적인 도로차선 위에 일정한 간격으로 돌출부를 형성하도록 한 방식의 도로차선을 말한다. 돌출형 도로차선은 우천시에도 돌출부가 수면 위로 나오기 때문에 돌출된 부분이 자동차의 빛을 반사하여 우천시에도 도로차선을 식별할 수 있는 도로차선 공법이다.

돌출형 도로차선은 야간 우천시에도 시인성을 확보할 수 있으며, 돌출부분을 차량이 지날 때 진동과 경고음을 발생시켜 운전자에게 차선이탈의 경고를 감지하게 하여 사고를 미연에 방지 할 수 있는 부가적인 기능도 가지고 있다.

돌출형 도로차선은 영국의 한 회사에서 개발되어 그 기능성이 높기 평가되어 영국 전역에 적용되었다. 1989년 일본의 각종 도로에 도입된 돌출형 도로차선은 일본의 도로교통사정에 맞게 개량, 개발되어 현재는 적용 연장이 영국의 적용 연장을 추월하였다.

국내에도 돌출형 도로차선 시공기술이 도입되어 일부구간에 적용되었으나 도로관리자들이 경제성을 이유로 적용이 활성화되지 못하고 있는 실정이다.

## V. 결 론

현행 국내의 노면표시 관련기준과 동일한 재귀반사체인 유리알 1호 규격을 기반으로 건설교통부와 경찰청에서 제시하고 있는 노면표시 유리알 함량기준 및 각각의 기준 편차를 가감하여 제작된 노면표시 샘플의 반사성능과 관련되는 인자들을 중심으로 실험분석을 통해 상호 관련성을 규명하였고, 국내 노면표시 반사성능 규격의 적정성을 파악하여 야간시 시인성 향상 방안을 제시하는 등 국내 일반국도의 노면표시 반사성능에 관련된 문제점을 파악하고 개선방안을 모색하였다.

1. 노면표시는 야간 시인성 확보를 위해 반사화가 필요하나 시공관련 정보의 미흡으로 좋은 재료를 가지고도 현행 반사성능은 최하기준을 상회하는 정도로 제공되고 있다. 본 연구에서는 시공조건을 최적화하기 위해 용융온도, 유리알 함량, 유리알 종류를 중요한 자로 보고 반사성능과 내구성에 영향을 미치는 인자와 최적조건을 도출하였다. 그 결과, 노면표시의 재귀반사 휘도계수는 유리알 함량을 중량비 30~35%, 용융온도  $185^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 의 조건이 최적 조건임을 밝혔다. 또한 유리알의 품질개선과 함께 노면표시의 재귀반사 휘도계수 기준을 상향 조정함이 타당하다고 판단된다.
2. 국내의 노면표시 규격을 비교 검토한 결과 국내 도로차선 반사성능 기준은 외국의 기준에 비해 낮은 편으로 규격의 상향조정 필요성이 있는 것으로 분석되었다. 일반국도에 적용하는 경찰청 기준은 설치시 백색  $130 \text{ mcd}/\text{m}^2 \cdot \text{Lux}$ , 황색  $90 \text{ mcd}/\text{m}^2 \cdot \text{Lux}$ , 재도색시 백색  $80 \text{ mcd}/\text{m}^2 \cdot \text{Lux}$ , 황색  $50 \text{ mcd}/\text{m}^2 \cdot \text{Lux}$ 로 한국도로공사나 ASTM, 미국 Florida주 및 기타 다른 주에 비해 설치시 약  $30 \sim 250 \text{ mcd}/\text{m}^2 \cdot \text{Lux}$ , 재도색시 약  $30 \sim 70 \text{ mcd}/\text{m}^2 \cdot \text{Lux}$  정도 낮게 나타났다. 일본의 경우는 적용기준이 다르므로 비교할 수가 없었으며 영국의 경우 설치시 기준은 없고 최하 재도색 기준도 백색  $100 \text{ mcd}/\text{m}^2 \cdot \text{Lux}$ , 황색  $80 \text{ mcd}/\text{m}^2 \cdot \text{Lux}$ 으로 우리나라에 비해 다소 높게 나타났다.
3. 예비실험 결과, 높은 온도에서 용융시 재료의 변질이 나타나 고온에 의한 도료손상의 우려와  $210^{\circ}\text{C}$  근방에서는 전반적으로 재귀반사 휘도계수가 낮게 분포되어 고려대상에서 제외됨이 타당하다고 본다. 따라서 온도  $170^{\circ}\text{C}$  근방에서는 유리알 살포량을 늘려주고,  $190^{\circ}\text{C}$  근방에서는 오히려 유리알 살포량을 줄이는 것이 유리하다. 현장적용에 있어서는 온도를 정확하게 유지하기 어렵기 때문에 노면표시 재귀반사 휘도계수의 균제도를 높이

기 위해 KS 규격에서 정하고 있는 온도인 180℃ 근방에서 용융하여 설치한다면 유리알 함량과 무관하게 기준에 적합한 반사성능을 유지할 수 있을 것으로 사료된다.

4. 모든 제품에서 유리알 함량을 25%에서 30%로 증가시켰을 경우 높은 재귀반사성능 증가비로 나타내었으나, 유리알 함량이 35%일 경우에는 재귀반사성능이 30%일 때보다 크게 증가하지 않고 있다. 따라서 노면표시는 어느 정도 함량 이상의 유리알을 살포하여야만 안정적으로 높아 재귀반사성능을 나타내어 시공시 유리알 함량이 30%일 때를 최적 조합으로 함이 적절하다고 판단된다.
5. 유리알의 함량에 따른 노면표시의 재귀반사성능은 일반적으로 유리알의 함량을 증가시킬수록 높은 재귀반사성능이 측정되었으며, 동일한 유리알 함량에서 국내제품의 재귀반사성능을 기준으로 비교할 때, 평균적으로 외국제품의 경우 약 31%, 개발제품의 경우 약 21%의 재귀반사성능이 증가하는 것으로 보아 본 연구에서 개발된 유리알 제품은 우수하다고 판단된다. 또한, 분석된 모든 제품에서 대구경 유리알(1.19mm)일 경우, 재귀반사성능이 높게 측정되었다. 따라서 유리알 함량 30%를 기준으로 대구경유리알과 적절히 조합하면 현재 반사성능 기준을 높게 보완하여도 무리가 없을 것으로 사료된다.
6. 야간 우천시 도로차선 시인성 향상 방안으로 약 20%의 공극으로 우천시 노면의 물을 즉시 배수시켜 시인성을 개선할 수 있는 배수성포장을 위험구간 위주로 점차 확대 적용할 것과 우천시 돌출 부분 사이로 물을 배수시켜 시인성 확보가 가능하며 줄음운전으로 인한 차선 침범시에 효과가 있는 돌출형 노면표시의 적용, 반사성능이 뛰어난 대구경 유리알을 적용하는 방안을 제안하였다. 또한 일반 포장 차선의 점선과 점선사이에 도로 표지병이나 반사테이프 등을 설치하여 차선 기능을 보완할 것도 제안하였다.

본 연구에서는 실험의 인자선정시 국내의 관련기준을 근거로 실험을 수행한 관계로 제약된 조건하에서 실험의 결과만으로 노면표시의 최적조합을 도출한 관계로 보다 확장된 범위에서 도출될 수도 있는 결과를 고려하지 못하였다. 이에 유리알 함량범위의 확장과 함께 현행 국내의 유리알 입도규격에는 포함되지 않으나, 제품화되고 있는 고휘도 대구경 유리알의 시인성 및 효율성의 미시적인 분석을 향후 연구과제로 제시하며 추가적으로 노면표시 중 교통안전상 그 중요성이 가장 대두되는 중앙선의 색상을 유럽 등의 여러 선진국에서는 백색으로 채택하고 있을 뿐만아니라, 본 연구에서도 시인성 및 효율성이 우수하다고 입증되었으므로 향후 보다 구체적이고 미시적인 연구와 실험을 통해 국내의 중앙선 색상을 변경하는 노력도 필요할 것으로 판단된다.

## [참고문헌]

1. 「도로공사 표준시방서」 (1996). 건설교통부.
2. 「도로안전시설 설치 및 관리지침 통합편」 (2002). 건설교통부.
3. 「도로차선 반사기준 보완연구」 (2006). 건설교통부.
4. 경찰청(2005). 「교통노면표시 설치관리 매뉴얼」
5. 도로교통안전관리공단(1997). 「노면표시 야간시인성 실험연구」
6. 도로교통안전관리공단(2000). 「교통안전시설 실무편람」
7. 이동규, 오홍운(2002). “차선 반사도 관리기준 설정연구” 대한교통학회 제42회 학술발표회
8. 한국도로공사(2003). 「고속도로 차선반사도 관리기준 설정(II)」
9. KS M5333(1995). 「음착식 도로표지용 도료」
10. KS L2521(1995). 「도로표지 도료용 유리알」
11. Abboud N. and Bowman, B. L. (2002). Cost and Longevity Based Scheduling of Paint and Thermoplastic Striping. *Transportation Research Record* No.1974, pp. 55-62.
12. ASTM D 6359(2002). Standard Specification for Minimum Retroreflectance of Newly Applied Pavement Marking Using Portable Hand-Operated Instruments.
13. King E. and Graham J. R. (1989). Evaluation of Pavement Marking Materials for Wet Night Conditions. FHWA/NC/89-004, *United States Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC.*
14. Parker, N. A. and Meja, S. J. (2003). Evaluation of the Performance of Permanent Pavement Markings. *Transportation Research Board 82nd Annual Meeting*, Paper Number: 03-3867.
15. Rich, M. J., Maki, R. E. and Morena, J. (2002). Development of a Pavement Marking System: Measurement of Glass Sphere Loading in Retroreflective Pavement Paints. *Transportation Research Record* No. 1974, pp. 49-54.
16. Schnell, T. and Ohme, P. J. (2002). Evaluation of Various Strategies to Increase Pavement Marking Visibility for Older Drivers. *Transportation Research Board 81st Annual Meeting*, Paper Number: 02-3365.
17. Thamizharasan, A., Warasua, W. A., Clarke, D. B. and Davids, W. J. (2003). A Methodology for Estimating the Lifecycle of Interstate Highway Pavement Marking Retroreflectivity. *Transportation Research Board 82nd Annual Meeting*, Paper Number: 03-3867.
18. Zhang, Y. and Wu, D. (2003). A Comparative Analysis of Retroreflectivity of

Pavement Marking Materials. *Transportation Research Board 82nd Annual Meeting*,  
Paper Number: 03-4015.

논문접수일 : 2008년 9월 27일

심사의뢰일 : 2008년 10월 4일

심사완료일 : 2008년 11월 1일