

교통사고 감소를 위한
차선 시인성 개선 연구

2009



도로교통공단
ROAD TRAFFIC AUTHORITY

|| 연구 개요 ||

1. 저 자 연구책임 : 여운웅, 주두환
연구수행 : 이호원

2. 종 류 2009년도 기본연구과제

3. 수행기간 2009. 1. ~ 2009. 12.

4. 연구의 개요

차선의 시인성은 교통사고에 직 간접적으로 많은 연관성을 가지고 있다. 본 연구에서는 시인성 개선 측면에서 차선이 어떻게 설치·관리되고 있는가를 파악해보고 어떻게 개선되어야 할 것인가를 탐색적 연구방법으로 분석하고 특히 악천후에 대비한 차선 시인성 문제에 주목하고자 하였다. 차선시인성 개선에는 설치기준, 운영유지보수 등 여러 가지 요소가 복합적으로 영향을 주기 때문에 개선방향제시에 주안점을 두고 다음과 같은 두 가지 연구문제에 대해 탐색연구하였다.

연구문제1 : 차선 시인성 개선은 어떻게 이루어져야 하는가?

연구문제2 : 악천후 시 차선 시인성 개선에는 어떤 방법이 있는가?

두 가지 연구문제를 해결하기 위하여 저해 요인들을 추출하고 요인별 분석을 통해 시사점 및 개선방향을 도출하였다. 본 연구에서 추출한 저해 요인으로는 차선 시인성의 기준, 차선 공법에 따른 적용 장소, 기술 수준 그리고 관리상의 문제 등이었다.

주요 시사점과 개선방향으로는 시인성 증진과 동시에 악천후를 고려, 재료를 복합적으로 배치하여 재료별 단점을 보완, 가로등이 있는 곳과 없는 곳으로 구분하여 적용, 강설지역과 비 강설지역으로 구분하여 적용, 비용분석 후 장소별 적정 공법 적용 등이 필요한 것으로 나타났다. 이에 따라 장소별 차선공법적용방안, 비용분석체계개선방안, 시인성 기준(안), 계약방법개선(안), 신기술 개발 방향 제안, 기술교육 및 홍보방안 등을 제안하였다.

본 연구의 한계는 일부 중복된 내용도 발견되며 무엇보다 실증적 연구가 뒷받침되지 않아 객관성 확보에 한계가 있을 것이다. 그러나 실증적 연구와 제설가능한 표지병 개발 등에 대해서는 차후에 반드시 수행할 과제로 남겨 두었다.

5. 핵심단어 차선, 시인성, 표지병, RRFPM

< 차 례 >

제1장 서론	1
1.1 문제의 제기 및 연구목적	3
1.2 연구 문제 및 방법	3
제2장 차선 시인성 개선의 의의와 구성요소	5
2.1 차선 시인성 개선의 의의	7
2.2 차선 시인성 개선 요소	8
제3장 차선 시인성 저해요인	9
3.1 운전자 시인성 요구사항	11
3.2 우리나라 차선 시인성 기준과 문제점	22
3.2.1 도료형	22
3.2.2 표지병	27
3.2.3 시사점 및 개선 방향	29
3.3 차선 공법에 따른 장소별 적용과 한계	29
3.3.1 공법별 특성	29
3.3.2 우리나라 차선의 공법적용 현황	35
3.3.3. 시사점 및 개선 방향	42
3.4 기술개발	42
3.4.1 외국의 동향	42
3.4.2 우리나라의 기술 수준	46
3.5 관리상의 문제점	53
3.5.1 관리 주체	53
3.5.2 설치 관리	55
3.5.3 유지관리	56
3.5.4 시사점 및 개선방향	58

제4장 개선방안	63
4.1 장소별 차선 공법 적용방안	65
4.2 비용분석	66
4.3 시인성 기준 상향 조정	67
4.4 계약방법 개선	68
4.5 약천후 시 시인성 개선을 위한 조치	69
4.5.1 지침 개선	69
4.5.2 연구 개발	69
4.6 기술교육 및 정보교류	70
4.6.1 업체 및 기술자들의 기술교육	70
4.6.2 관리자 및 업체 책임자 정보교류	71
제5장 결론 및 제언	73
참고문헌	77
<부록>	81

< 표 차 례 >

<표 3-1> Zwahien 과 Schnell의 노면표시 최하 반사성능	17
<표 3-2> 시인거리 시험 대상 차선 재료	20
<표 3-3> 재료별 시인거리(ft)	21
<표 3-4> 현재기준:도료형 노면표시 반사성능(2005.10월 이후)	25
<표 3-5> 변경전 : 도료형 노면표시 반사성능(2005.10월 이전)	25
<표 3-6> FHWA가 권고하는 최하 반사성능 값(1998)	27
<표 3-7> 미국 기관들의 권고 최하 반사성능 지침	27
<표 3-8> 유럽의 노면표시 반사성능	28
<표 3-9> 표지병의 최하 반사성능 기준	30
<표 3-10> 표지병 재귀반사체의 색상 변수 값	30
<표 3-11> 점등형 표지병의 최하 광도 기준	30
<표 3-12> 각 도로조건에 적합한 도료별 공법	32
<표 3-13> 부착식 표지병 기준	41
<표 3-14> 미국의 발광형 경고등 구매 사양	43
<표 3-15> 교통안전 시설의 위임 위탁규정	55
<표 3-16> 노면표시 설치관리 부처 (2009년 현재)	56
<표 3-17> 노면표시 시인성 측정장비의 기관별 보유대수	59
<표 4-1> 도로조건별 적합한 차선 공법	65
<표 4-2> 반사성능 기준 개선(안)	68

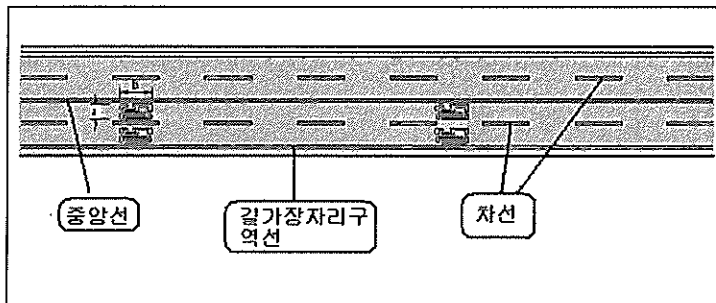
< 그림 차례 >

[그림 3-1] 재료별 시인거리	21
[그림 3-2] 반사휘도계수와 시인거리	23
[그림 3-3] 미국 시내도로의 차선 표지병	35
[그림 3-4] 미국 고속도로 차선 표지병	36
[그림 3-5] 호주 일반도로 차선 표지병	36
[그림 3-6] 호주 고속도로 차선 표지병	37
[그림 3-7] 우천 시를 위한 차선과 전통적인 차선의 비교	45
[그림 3-8] 차선 시인성 측정 차량	45
[그림 3-9] 제설가능한 표지병 설치사례	46
[그림 3-10] 제설가능한 표지병 사례1	46
[그림 3-11] 제설가능한 표지병 사례2	47
[그림 3-12] 제설가능한 표지병 사례3	48
[그림 3-13] 노면표시 시공 시 유리알이 바람에 날리는 모습	50
[그림 3-14] 시공결과 도료와 유리알이 정확하게 부착되지 못한 모습	50
[그림 3-15] 노면표시 시공시 유리알을 손으로 뿌리는 모습	51
[그림 3-16] 도료상에 유리알이 거의 붙어있지 못한 상태	52
[그림 3-17] 로드스틱의 형태	53
[그림 3-18] 파워라인의 형태	53
[그림 3-19] 레인드롭 라인의 형태	54
[그림 3-20] 잘못 설치된 표지병 방치 사례	60
[그림 4-1] 표지병 설치지점	66
[그림 4-2] 비용분석 체계도	67

주요용어 정리

1) 차선(Lane marking)

차선은 도로구간내 차로의 경계를 표시하는 것으로서 동일방향의 교통류를 분리하여 소통을 원활히 하는 노면표시이다. 차선에는 실선과 점선이 있고 실선은 차로를 변경할 수 없고, 점선은 동일방향의 교통에 주의하면서 차로변경을 할 수 있다.



<일반적인 차선의 형태>

2) 시인성(Visibility)

시인성은 어떤 사물을 볼 때 운전자가 일정거리에서 명백하게 인식할 수 있는 정도를 말한다. 규제와 관련되는 교통안전시설은 시각정보에 의존한다. 따라서 도로이용자는 규제의 내용을 쉽게 인지할 수 있어야 하고 주간이나 야간이나 그리고 비가 오는 날에도 교통안전시설은 적절한 시인성이 제공되어야 한다.

3) 표지병(Raised pavement marking)

표지병은 도로형 노면표시를 보완하여 시인성을 높여 주는 노면표시 재료의 일종인데, 2-3cm 정도 높이로 도로와 수직으로 서있는 형태로 시인거리가 일반 도로보다 1.5배정도 길다. 특히 우천 시에는 약 5배 정도 긴 것으로 알려져 있다.

4) 돌출형 노면표시

일반 도로(보통 융착식도로)를 설치하면서 돌출시킴으로서 시인성을 높여 주는 노면표시.

제1장 서론

1.1 문제의 제기 및 연구목적

1.2 연구 문제 및 방법

제1장 서론

1.1 문제의 제기 및 연구목적

본 연구에서는 차선의 시인성이 어떻게 설치 관리되고 있는가를 파악해보고 그러한 상태에서 어떻게 개선되어야 할 것인가를 탐색적 방법으로 분석하고자 하였다. 특히 악천후에 대비한 차선의 시인성 문제에 주목하고자 하였다. 이는 교통사고에 직·간접적으로 많은 연관성을 가지고 있기 때문이다.

1.2 연구 문제 및 방법

1.2.1 연구문제

본 연구에서는 다음과 같이 2개의 연구문제를 가지고 분석하고자 하였다.

연구문제 1: 차선 시인성 개선은 어떻게 이루어져야 하는가?

연구문제 2: 악천후 시 차선 시인성 개선에는 어떤 방법이 있는가?

1.2.2 연구 방법

차선 시인성 개선에는 기준, 운영, 유지보수 등 여러 가지가 복합적으로 영향을 주기 때문에 종합적인 검토가 필요하다. 본 연구에서는 개선방향 제시에 주안점을 두고 차선 시인성과 연관되는 구성요소와 각 요소들에 대한 저해요인들을 검토하였다. 검토결과에 따른 시사점을 제시하고 종합적인 개선방안을 제안하였다.

제2장 차선 시인성 개선의 의의와 구성요소

2.1 차선 시인성 개선의 의의

2.2 차선 시인성 개선 요소

제2장 차선 시인성 개선의 의의와 구성요소

2.1 차선 시인성 개선의 의의

차선은 모든 도로 사용자에게 커뮤니케이션의 중요한 의미를 제공하기 때문에 굵은 날씨가 가로등의 혜택이 없는 곳에서 야간에도 정보전달이 원활히 되어야만 한다.

미국 FHWA(1985)에 따르면 노면표시의 반사화(표지병)가 직선부 도로사고의 30%, 지방부 2차로 이상 곡선부에서는 표지병 설치시 사고의 46%를 감소할 수 있는 것으로 제시된바 있다. 이는 사고감소효과 측면에서 볼 때 중앙분리대 설치(35.6% 효과)와 상응하고 갈매기표지 설치(20% 효과)보다 높은 효과라 할 수 있다.

우리나라의 연구 중에는 교통사고와 차선반사도(한국도로공사 2003) 연구 결과에서 차선의 시인성을 높이면 교통사고를 18% 가량 줄일 수 있다고 제시된바 있다. 그 외에도 많은 연구에서 차선의 시인성과 교통사고관련 연구는 많이 이루어져 왔고 여러 연구 사례와 같이 노면표시의 설치 및 반사화가 교통사고 감소효과가 크다는 점에 대해서는 이의가 없다.

따라서 모든 시각적 정보를 제공하는 교통안전시설의 공통적 사항이지만 노면표시도 주간이나 야간에도 잘 보여야 한다는 점에서 차선의 야간 시인성은 중요하다 할 수 있다.

차선 시인성 개선을 위해서는 정형화된 모델은 없지만 노면표시의 경우 공산품이 아니고 현장에서 이루어지는 것으로 궁극적으로는 실제 현장에서 실현될 수 있어야하는데 이를 위해서는, 갖추어야할 요건이 있고 또한 많은 저해 요인들을 제거하여야 할 것이다.

2.2 차선 시인성 개선 요소

차선 시인성 개선을 위해 요구되는 항목과 내용은 다음과 같다.

2.2.1 시인성 기준

차선은 인간공학적으로 필요한 거리에서 잘 볼 수 있는 기준이 필요하다. 적절한 시인성 기준의 제시는 안전운전을 위한 선행과제라고 볼 수 있다.

2.2.2 장소별 재료의 적용

노면표시의 재료에 따라 야간 시인거리나 내구성이 다르다 따라서 차선의 시인성 개선을 위해서는 우선 어떤 곳에 어떤 시설을 해야 할 것인가는 시인성에 있어서 중요한 요소가 된다. 높은 시인성이 요구되는 곳에 부적절한 시설을 한다거나 그 반대의 경우라면 재료의 선택이 잘못될 것이다. 이를 위해서는 비용분석을 통해 적절한 공법과 재료의 선택으로 교통 상황에 따라 적절한 시인성능의 제공이 필요하다.

2.2.3 기술수준

현 기술수준에 맞는 공법이나 재료를 적용하며 시방서에 따라 무리 없이 설치되기 위해서는 시공능력이 있는 업체가 설치를 해야 할 것이다.

2.2.4 관리상의 문제

설치과정과 설치결과에 대한 관리가 필요하다. 현장에서 설치되는 시설이기 때문에 설치과정에서 적절한 시공을 하는지 확인 감독이 필요하고 준공 및 준공후 필요한 시점에 제품의 질에 대한 확인이 필요하다.

제3장 차선 시인성 저해요인

3.1 운전자 시인성 요구사항

3.2 우리나라 차선 시인성 기준과 문제점

3.3 차선 공법에 따른 장소별 적용과 한계

3.4 기술개발

3.5 관리상의 문제점

제3장 차선 시인성 저해요인

3.1 운전자 시인성 요구사항

노면표시는 주간과 야간 모두 시인성이 좋아야 그 기능을 발휘 할 수 있다. 노면표시의 색상은 황색과 백색으로 주간에는 아스팔트나 시멘트 도로의 흑색 혹은 회색계통의 색상과 대비하여 잘 보인다. 그러나 야간의 경우에는 도색만으로는 잘 보이지 않기 때문에 도로에 둥근 유리알을 살포하여 헤드라이트 불빛에서 나온 빛을 유리알이 그 빛을 반사함으로써 그 차량의 운전자 눈으로 다시 되돌아 온 빛을 감지하도록 하고 있다. 따라서 노면표시의 야간시인성은 그 반사성능에 영향을 받기 때문에, 그동안 노면표시의 반사성능 향상을 위한 많은 연구가 이루어져 왔다.

여기에서는 시인성에 영향을 주는 변수들의 물리적 특성과 변수들 간의 관계를 기존문헌을 통해 살펴보았다.

3.1.1 대비(Contrast)

대비는 노면표시의 인접노면과의 밝기 대비를 다음 (식 1)과 같이 정의 하고 있다.

$$\text{대비 (Contrast)} = (B-A) / A \text{ ----- (식 1)}$$

여기서 B : 목표물의 밝기(노면표시)

A : 인접 포장면의 밝기

Allen(1977) 은 최하 대비(contrast)는 2 이고 최하 시인거리는 30 m - 37m 의 범위에 있다고 제시하였다. 대비(contrast) 2 이상이라는 것은

예컨대, 도로의 밝기가 30 mcd/lux/m^2 일 때, 노면표시는 90 mcd/lux/m^2 가최하반사성능이라는 것이다. Allen 대비치 “2”는 현재 노면표시 이외에도 가로등의 밝기의 기준이 되는 균제도, 교통안전표지의 밝기기준 등에 광범위하게 적용되고 있는 수치이다.

3.1.2 거리(Distance)

Allen(1977) 은 앞의 대비 2와 함께, 최하 시인거리는 30 - 37 m 의 범위에 있다고 제시하였다. 노면표시의 반사성능 측정기의 측정각도가 30m를 기준으로 하고 있는 것은 이 연구 결과와 부합된다고 볼 수 있다.

한편, Graham 과 King(1990)은 현장 실험에서 19 - 47세 사이의 59인을 대상으로 한 연구에서 목표물로부터 관찰자간 거리는 90 m 전방에서 보기 시작하도록 하여 여러 가지 성능의 시료를 평가하였다. 그 결과 MIROLUX-12 기기로 측정된 값으로 93 mcd/lux/m^2 이상이 적절하다고 제시하였다.

3.1.3 헤드라이트의 가시거리(Seeing distance)

Conventional 헤드라이트 체계에 있어서 상향등(High-Beam)은 가로등이 없는 도로에서 대향차량이 없을 때 운전을 위한 것으로 어두운 옷을 입은 사람을 90m 전방에서 볼 수 있는 정도로, 정지시거에 적용되는 거리 보다 짧다.

하향등(low-beam)은 Meeting-beem 이라고도 하는데, 대향차량이 있을 때 대향차량 운전자의 눈부심이 없도록 사용하는 것으로 seeing distance의 범위는 30-90m 이다. 그 외 잘 정비된 도시도로에서 사용하는 town-beam도 하향등(low-beam)과 목적이 같으며 seeing distance의 범위도 같다.

3.1.4 색상(Colour)

1996년 Zwahlen 과 Schnell(1997)은 low-beam 상태 하에서 실시된 새로 표시된 황색 중앙선의 finite-length의 end-detection distance를 측정하는 것을 목적으로 한 연구에서 평균 탐지거리가 백색의 경우 황색보다 더 멀다고 보고하였지만, 이듬해인 1997년 연구에서는 황색을 백색으로 교체해도 탐지거리의 변화는 증가하지 않았다는 결과를 제시하였다. 일반적으로 황색 반사성능은 백색 반사성능 값의 70 - 80 % 정도의 반사성능과 같은 값을 갖는 것으로 알려져 있어, 더 많은 논의가 필요한 부분이라고 사료된다.

Migletz(1999)는 FHWA 의 지원 하에 재료별, 색상별로 미국 32개 주의 노면표시의 현황을 파악하였는데 그 결과 노면표시의 반사성능과 대비는 색상과 재료에 따라 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 일반적으로 백색이 황색보다 대비와 반사값이 높았다.

3.1.5 가로등(Street Lighting)

Ethen(1991)은 가로등 있는 상태에서와 없는 상태에서 실험해본 결과 가로등이 있는 상태에서 적정 반사성능은 300 mcd/lux/m², 최하는 없는 것으로 제시하였다. 어두운 상태에서는 적정 400 mcd/lux/m², 최하 100 mcd/lux/m² 을 제시하였다. 이때 노면과의 대비는 41) 이었다.

3.1.6 시력(Visual Acuity)

우리나라 운전면허의 적성기준은 일반승용차를 운전할 수 있는 1종 운전면허가 양쪽 눈의 각각의 시력이 0.5이상이고 두 눈을 동시에 뜨고 켜 시력은 0.8 이상 이어야한다고 규정하고 있다.²⁾ 우리나라와 마찬가지로 대부분의 국가에서 0.5 이상을 규정하고 있는데, 일반적인 시력이

1) 대비는 비율(ratio)이므로 단위가 없음.

2) 경찰청, 도로교통관련법령집, 도로교통법 시행령 제45조, 2006.

라고 볼 수 있다. 그러나 이러한 시력은 밝은 상태의 시력이고 일반적으로는 야간 시력은 주간시력에 비해 떨어진다.³⁾

표지의 경우는 주의 환기를 위한 명료성(conspicuity)과 문자나 로고를 보고 판독 할 수 있는 판독성(legibility)이 요구되나,⁴⁾ 야간의 노면표시는 인지기능(perceptual function)을 제공하기 위해서는 주로 크기가 일정하기 때문에 명료성을 위해 밝게 해주는 것이 중요하다. 연령이 높아질수록 빛이 부족한 곳에서는 더 지각하지 못하기 때문에⁵⁾ 연령이 높은 운전자에게는 더 밝은 노면표시가 필요하다고 볼 수 있다.

3.1.7 연령(Age)

1) 연령과 시각적 특성

40세부터 시력(Visual acuity)이 낮아지기 시작하고, 55세 이후에 교통사고율이 증가한다.⁶⁾ Rockwell(1972)⁷⁾ 은 노안에 있어서 두 가지 영역이 변한다는 것을 밝혔다.

첫 번째는 시각전달과 원근조절능력(transmissiveness and accommodative power)으로, 이 변화는 35세에서 45세 사이에 나타나고, 원거리시력, 섬광에 대한 감각(sensitivity to glare), binocular depth와 색채감각에 영향을 준다. 두 번째로는 망막과 신경체계인데, 55-65세에 변화가 시작되며 망막의 신진대사에 영향을 준다. 이 변화는 적은 빛에 대한 민감성과 깜빡거리는 빛에 대한 민감성(sensitivity to flicker), 그리고 시야의 크기의 변화에 영향을 미친다고 했다.

한편, Holland와 Rabbitt의 2001년 Older drivers: a literature review

3) H.L. Woltman, CIE technical report Nighttime Visibility of Retroreflective Road Sign, 1994, p 24.

4) H.L. Woltman, 앞의 책, p 3.

5) Holland와 Rabbitt(1992), Older drivers: a literature review, No.25, The Department for Transport, U.S.A., 2001, 재 인용.

6) ITE, Traffic Engineering Hand Book, forth edition, prentice hall, 1992, p. 11.

7) Rockwell, Skills, judgment and information aquisition in driving, in Forbes(ed.), Human factors in highway Traffic Safety Research, New York : Wiley-Interscience, p. 150.

w⁸⁾의 교통안전과 시각적 특성 중 연령에 의한 시력 특성을 발췌하면 다음과 같다.

『사람은 나이가 들면서, 점차적으로 감각효율성에 대한 치료하기 힘든 변화를 경험하게 된다. 사람들은 시력이나 청력이 감소하고 그에 따라 운전자나 보행자가 위험을 잘 감지하지 못하게 되는 것을 지각하지 못한다.

Holland와 Rabbitt (1992)의⁹⁾ 연구에 의하면, 70년대에 운전자들은 일반적으로 자신의 시력이 감퇴한 것을 잘 지각하지 못했는데, 특히 빛이 부족한 곳에서는 더 지각하지 못했으며, 안경을 착용하지도 않았다. 영국운전면허시험에서는 정지시력을 측정했으며, 실제로 정지시력은 사고나 운전능력에 대한 예측력을 가지고 있다. 정지시력과 동체시력, 대비감도, 주변시야 측정과 같은 많은 도구들을 사용하는 이유는 사람들이 운전할 때 필요한 복잡한 시각 기능에 대해 스스로 알아내지 못하기 때문이다. Hills와 Burg(1977)는 54세 이상의 평균사고율과 다섯 가지 시력 측정 시 수행저하와의 관계를 밝혀내지는 못했지만 나이가 증가할수록 시력이 감퇴한다는 것은 증명했다.

따라서 노안은 첫 번째로 35세에서 45세 사이에 시각전달과 원근 조절능력의 변화가 일어나고 두 번째로는 55세에서 65세 사이에 망막과 신경체계의 변화가 시작되기 때문에 시력에 있어서는 단순한 시력검사 뿐만 아니라 인지적인 시각 정보처리에 대한 측정이 통합되어야 한다는 점은 설득력이 있다고 본다.

2) 연령과 반사성능

연령을 대상으로 한 노면표시의 야간 시인성 연구로는 Graham의 연구를 들 수 있다. 1996년 Graham¹⁰⁾은 60세 이상 노인과 반사성능을 연

8) Holland, Rabbitt, Older drivers: a literature review, No.25, The Department for Transport, 2001,

9) Holland, C. A. & Rabbitt, P. M. A., Peoples awareness of their age related sensory and cognitive deficits and the implications for road safety. Applied Cognitive Psychology, 6, 1992.

10) Graham et al, Pavement Marking Retroreflectivity Requirements for Older

구하였다. low-beam 상태에서 현장 실험을 실시하였는데 이 연구에서는 65개 시료를 20-89세의 피험자가 34km를 주행하면서 평가한 결과이다. 여기서 60세 이상 노인은 100 mcd/lux/m² 이 적절하거나 그 이상이라고 제시하고 있다.

3.1.8 기후(Weather)

1998년 Migletz¹¹⁾는 젖은 상태에서는 180 mcd/lux/m² 을 제시하였다. 또 2004년 Fuat Aktan & Thomas Schnell¹²⁾ 은 특별한 연구를 실시하였다. 기후상태에 따른 노면표시평가 연구에서 3M사의 지원 하에서 일반 노면표시와 굵은 유리알의 특수노면표시(테이프식)를 사용하여 건조, 젖은 상태 그리고 시뮬레이트 된 우천상태(1인치/시간 강우량)에서 야간 시인성을 평가하였다. 55세와 75세사이의 18명이 참가한 실험에서 특수노면표시가 여러 조건에서 좋다는 결과를 얻었다.

그러나 실제 연구 결과의 성과를 인정받기 위해서는 더 많은 검증이 요할 것으로 사료된다. 우천 시에는 표지병 이상으로 좋은 노면표시가 없고 테이프식 특수 노면표시의 가격과 표지병의 차이가 없을 것이기 때문이다.

3.1.9 속도(Velocity)

1) 속도와 노면표시 반사성능

속도와 노면표시 반사성능의 연구로는 Zwahlen 과 Schnell¹³⁾ 의 연구, 그리고 Migletz¹⁴⁾의 연구를 들 수 있다. 1996년 Zwahlen 과 Schnell

Drivers, TRR 1529, 1996, pp. 65-70.

11) James Migletz et al, Field Surveys of Pavement-Marking Retroreflectivity, TRR 1657, 1999, PP. 71-78.

12) Fuat Aktan, Thomas Schnell, Performance Evaluation of Pavement Markings under Dry, Wet, and Rainy Conditions in the Field, TRR 1877, 2004,

13) Zwahlen & Schnell, Minimum in service retroreflectivity of pavement marking. 79th annual meeting, TRB, 2000.

은 운전자가 전방 도로의 형상 및 선형을 인지하고 방향조정 및 속도를 조절하기 위해서는 충분한 시간이 제공되어야하는데, 노면표시가 시인성이 나쁠 때는 운전자에게 충분한 가시거리가 제공되지 않음에도 속도를 줄이지 않음으로 전방 도로 상황을 인지하는데 요구되는 시간이 제공되지 않는다는 것이다. 이러한 가정 하에 속도와 표지병의 유무에 따라 반사 성능을 구분하여 제시하였다.<표 3-1>

<표 3-1>에서 표지병¹⁵⁾이 없을 경우 112.7km/h 속도에서 노면표시 반사성능이 620 mcd/lux/m² 이나 이는 현실적으로 사용이 불가능한 매우 높은 값이라 할 수 있다. 또한 1998년 Migletz는 최하 반사성능은 일반적으로 90- 127 mcd/lux/m² 의 범위에 있다고 보았고 속도에 따라 80km/h 의 속도이상의 도로에서는 150 mcd/lux/m² 이상임을 제시하였다.

<표 3-1> Zwahlen 과 Schnell의 노면표시 최하 반사성능

속도(mph)	최하반사성능(mcd/lux/m ²)	
	표지병 없음	표지병 있음
0-25	30	30
26-35	50	30
36-45	85	30
46-55	170	35
56-65	340	50
66-75	620	70

출처: Minimum in service retroreflectivity of pavement marking. 79th annual meeting, TRB, 2000

14) Migletz(1999), 앞의 책, PP. 71-78.

15) 표지병은 (Raised Pavement Marking) RPM이라고도 하며 단독으로 혹은 노면표시의 보조로 사용하고 있다. 우리나라에서는 노면표시의 보조로 사용하며 반사화된 표지병(Retroreflective RPM)을 사용하고 있다.

2) 속도와 시야(field of vision) 협소

일반적인 운전자 시야각은 3-5도 범위에 있고 10-12도 범위에서 명확히 볼 수 있다. 속도가 높아짐에 따라 시야각이 협소하게 되어 시야각도가 줄어든다.¹⁶⁾ 또한 시야 범위 이상이면 목을 돌려 봐야하기 때문에 목을 돌려 보는 시간만큼의 인지시간이 늘어난다.¹⁷⁾ 따라서 표지나 신호등의 경우 시야각의 제한으로 설치 위치 결정에 중요한 요소가 된다.

그러나 노면표시의 경우 운전방향에 따라 정면에서 볼 수 있도록 연속되어 설계되어 있고, 또한 도로의 설계가 시야각을 고려하여 설계되기 때문에 속도의 증가에 의한 시야각 협소의 문제는 노면표시의 반사에는 크게 영향을 미치지 않는다고 볼 수 있다. 실제 우리나라의 차로 폭이 넓은 곳이 3.6m 이고 운전시 전방 30m 이상을 본다고 할 때, 운전자 눈에서 진행 방향을 축으로 하여 3.05도 이하가 되므로 눈의 망막 중심의 10-12도 범위 이내에 있기 때문에 노면표시의 야간 시인성에 있어서 속도에 따른 시야각 협소는 고려하지 않아도 무방하다 할 수 있다.

3.1.10 표지병 등 다른 반사체의 영향

노면표시 외에 시선유도의 기능을 담당하는 것으로는 표지병과 시선유도 표시가 있다. 특히 표지병은 노면표시의 일종으로 야간에 특히 비가 오는 상태에서 시인성을 크게 높여준다. 그것은 노면표시는 수막으로 인해 노면표시가 반사 능력이 저하되는데 반해 표지병은 노면에 수직으로 서있는 상태로 비의 영향을 받지 않기 때문이다.

또한 표지병의 반사능력이 크기 때문에 표지병과 같이 설치되는 노면표시는 반사성능이 다소 떨어진다 해도 표지병이 보완해주는 관계로 그러한 곳에서의 노면표시의 반사성능은 노면표시만으로 설치되는 곳보다는 적은 성능이라 할지라도 그 기능을 다할 수 있다.

16) 도철웅, 교통공학원론(상권), 청문각, 1989, p. 48.

17) 박영규 오승훈 이홍로, 자동차 문화, 경기도서, 2001, p. 21.

이러한 관점에서 앞에서 논의된 바와 같이 Zwahlen 과 Schnell¹⁸⁾ 은 앞 절의 <표 3-1> 과 같이 표지병의 유무에 따라 최하 반사성능을 제시하였다. 일례로 46-55 mph의 속도에서 표지병이 없을 경우에는 170mcd/lux/m², 표지병이 있을 경우에는 35mcd/lux/m² 로 표지병이 있을 경우에는 상대적으로 낮은 최하반사성능을 제시하였다. 표지병 설치 형태에 따라 더 많은 연구가 있어야겠지만, 표지병과 같이 설치되는 노면표시의 최하반사성능은 노면표시 단독으로 설치될 경우보다 작은 값이 될 것이라는 것은 이견이 없다고 볼 수 있다.

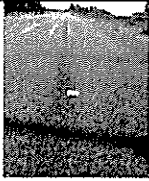
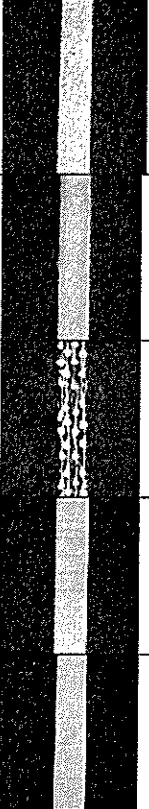
3.1.11 재료별 시인거리

Ronald B. Gibbons, Ph.D.외1명(2004)은 재료별 시인거리에 관한 연구결과를 발표하였는데, 주요내용은 표지병, 일반노면표시, 큰 구경의 비드를 사용한 도로, 프로파일형 도로(돌출식 노면표시) 그리고 우천기능용 테이프 및 반 우천기능용 테이프 표시등 7가지 종류를 건조상태 및 젖은 상태에서 시인거리를 측정하였다. 젖은 상태의 경우는 시간당 20mm 정도의 강우상태에서 시뮬레이션을 통해 측정하였다. 그 결과는 <표 3-2>과 [그림 3-1] 과 같다.

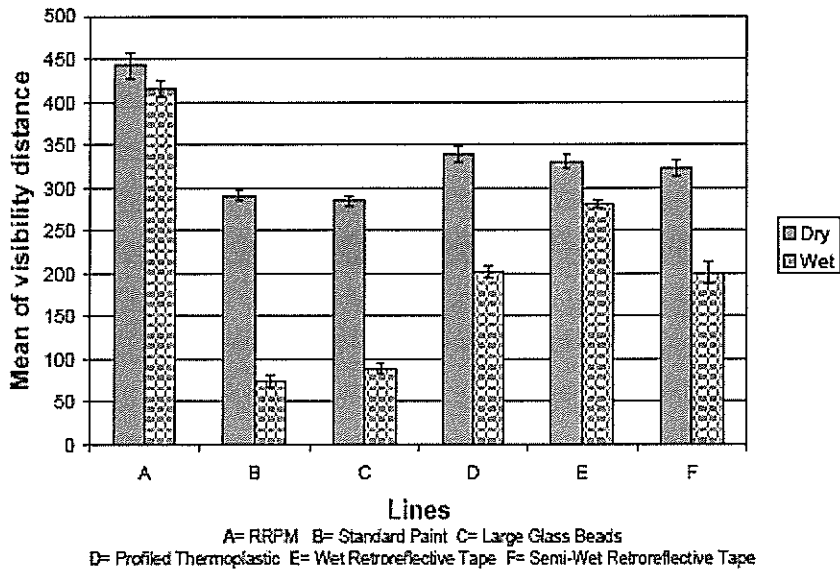
Ronald 의 연구는 3M에서 연구계약하여 수행한 결과이긴 하지만 많은 시사점을 제시해 주고 있다. 여기서 연구 발주처인 3M의 두가지 테이프형식의 차선을 제외하고 분석해 보면, 표지병이 우천 시에나 맑은 날이나 시인거리가 다른 차선 재료보다 탁월한 결과를 보이고 있다. 맑은 날의 경우는 일반 표준 도로정보다 1.5배, 우천 시에는 5.7배의 시인거리를 갖는 것으로 나타났다. 표지병은 맑은 날이나 비오는 날이나 시인거리 120m 이상으로 차이가 거의 없다 그러나 일반 도로의 경우는 맑은 날은 시인거리 81m에서 비 오는 날은 22m정도로 4배정도 짧아 졌다.

18) Zwahlen & Schnell(2000), 앞의 책, pp. 9-13.

<표 3-2> 시인거리 시험 대상 차선 재료

Marking	Technology	Supplier/Trade Name	Image
A	Standard Latex Paint with Standard Glass Beads and Raised Retroreflective Markers	The Paint and Beads Conform with VDOT Road & Bridge Specification 2002 Section 246 RRPMs Are 3M PSA 290 Type Self Adhesive Markers with Red and White Lenses	
B	Standard Latex Paint with Standard Glass Beads	The Paint and Beads Conform with VDOT Road & Bridge Specification 2002 Section 246	
C	Standard Latex Paint with Large Glass Beads	Latex Paint and Visibeads Supplied by Potters Industries	
D	Profiled Thermoplastic	Drop on Line by Brite Line Technologies	
E	Wet Retroreflective Tape	3M 750 Tape	
F	Semi-Wet Retroreflective Tape	3M 860 Tape	

출처: The Missouri Department of Transportation (MoDOT)



[그림 3-1] 재료별 시인거리

<표 3-3> 재료별 시인거리(ft)

Technology	Dry Condition	Wet Condition
A – RRPМ	442	415
B – Standard Paint and Beads	291	73
C – Paint and Large Glass Beads	284	88
D – Profiled Thermoplastic	339	201
E – Wet Retroreflective Tape	329	280
F – Semi-Wet Retroreflective Tape	322	200

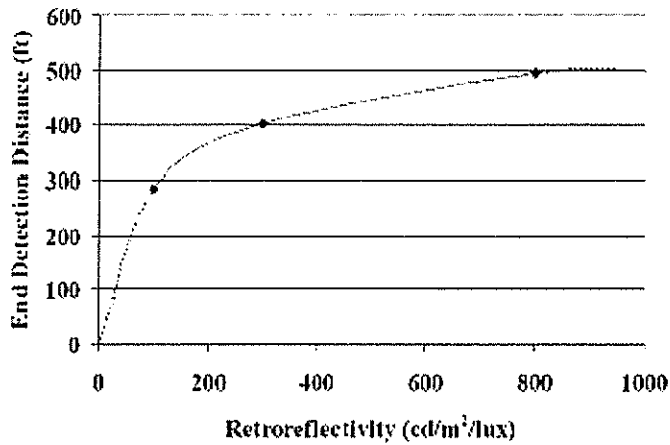
출처: The Missouri Department of Transportation (MoDOT)

또한 우리나라에서 우천 시 시인성을 위한 대안으로 큰 구경의 글라스비드 적용방법과 돌출형 노면표시를 고려하고 있는데, 큰 구경 글라스비드의 경우 맑은 날의 경우는 일반 페인트에 비해 시인거리가 오히려

더 짧고 비 오는 날의 경우는 약간 길지만 큰 차이가 없다는 점이다. 돌출형 노면표시의 경우는 맑은 날은 일반 도로에 비해 약 1.2배 정도 시인거리가 길고 우천 시에는 약 2.8배의 시인거리가 있는 것으로 나타났다. 따라서 돌출형 노면표시의 경우는 우천 시 설치효과는 크다고 할 수 있다. 그러나 여전히 표지병에 비해서는 시인거리가 절반 정도에 미치지 못하기 때문에 우천 시 차선개선에는 맑은 날과 같이 표지병이 탁월한 기능을 가지고 있다고 볼 수 있다.

한편 Finley, M.D의 4명(2002)은 표지판 및 노면표시의 시인거리 연구에서 트럭운전자들을 대상으로 노면표시의 재귀반사 휘도에 따라 노면표시의 시인거리를 측정하였는데, 약 100mcd/m²/lux에서 85m, 300mcd/m²/lux에서 120m, 800mcd/m²/lux에서 150m 전방 노면표시를 볼 수 있는 것으로 보고 하였다.

시인거리는 [그림 3-2]에서 보는 바와 같이 노면표시 휘도계수와 시인거리는 비례하지 않고 반사성능을 높이는 데에는 한계가 있다는 사실을 보여주고 있다. 또한 연구의 결과는 트럭운전자들을 대상으로 하였기 때문에 일반 승용차와는 약간의 차이가 있을 것으로 보나 앞의 Ronald B. Gibbons, Ph.D.의 1명(2004)의 연구 결과와 비슷한 시인거리를 보여주고 있다. Ronald는 일반 페인트의 시인거리가 85m 정도라고 제시한바 있다.



출처: Sign Placement Marking Visibility From the Perspective of Commercial Vehicle Drivers, 2002

[그림 3-2] 반사휘도계수와 시인거리

표지병의 경우 일반 노면표시보다 기능을 오래 유지하는데, 문헌¹⁹⁾에 의하면 표지병의 반사성능에 있어서는 재귀반사계수가 4.65 mcd/lux 이하면 시선유도의 기능을 상실한 것으로 보았으며 해당구간에 설치된 표지병 75%의 재귀반사가 약 5~18 mcd/lx의 범위에 있다면 이 역시 운전자의 시선을 유도하는데 다소 부적절한 것으로 조사되었다(흰색 표지병 기준). 또한 플라스틱 표지병의 경우 현장실험 결과, 설치 후 6개월이 경과하면 80~95%의 재귀반사 능력을 상실하는 것으로 나타났다.

미국의 TTI에서는 표지병을 도로현장에 설치한 후 2년간 관찰한 결과, 3개월 경과시 재귀반사 정도가 급감하였으나 이후에는 재귀반사 저하정도가 낮은 것으로 나타났다²⁰⁾. 또다른 연구²¹⁾에 의하면 일정구간에 서 20~30%의 표지병이 훼손되었다면 운전자의 시선을 유도하는데 다소

19) Roger W McNeese, Establishing a Minimum Functional Reflectance for Raised Pavement Markers, TRR 1149

20) Texas Transportation Inst., RRP: A Two-Year Field Evaluation in Texas, 1994

21) Roger W McNeese, Establishing a Minimum Functional Reflectance for Raised Pavement Markers, TRR 1149

부적절하다고 할 수 있으며, 50% 이상의 표지병이 훼손되었다면 해당 구간에 설치된 표지병은 운전자의 시선을 유도하는 본래의 기능을 상실하였다고 분석하였다.

3.1.12 복합 조건 하에서의 시인성능

도로교통공단 교통기술자료집(2007)에서는 최하 반사성능이 가장 높게 요구되는 조합은, [고령자 연령군(55세 이상) + 90m의 거리 + 가로등이 없다] 의 경우라고 보고, 이때 흰색은 상향등으로 167 mcd/m²·lux, 노랑색은 150 mcd/m²·lux 이 요구되는 것으로 나타났다. 또한 가로등이 있는 경우, 최하 반사성능이 가장 높게 요구되는 조합은, [고령자 연령군(55세 이상) + 90m의 거리 + 가로등이 있다]의 경우인데, 이때 흰색은 하향등으로 123 mcd/m²·lux, 노랑색은 106 mcd/m²·lux 이 요구되는 것으로 나타났다. 이 값들은 현 기준의 두배 이상이다.

3.2 우리나라 차선 시인성 기준과 문제점

3.2.1 도로형

노면표시의 규격은 2원화 되어있다. 즉 재료의 성분 등에 관한 규격과 교통안전상 필요한 반사성능 등을 규정한 경찰청의 규격이다. 산업자원부에서는 재료별로 용착식, 가열식, 페인트식 표지병 등으로 분류하여 한국산업규격인 KS로 정하고 있다. 경찰청에서는 산업자원부의 KS 규격을 수용하되 KS 규격만으로는 교통안전 상 필요한 부분을 모두 만족할 수 없고 교통안전 측면에서는 시인성이 중요한 요소가 되기 때문에 요구되는 반사성능에 대한 기준을 따로 정하고 있다.

교통안전 측면에서 볼 때, 시인성 부문에서 경찰청에서 정하고 있는 반사성능이 규격 이상이어야 하는데, 이는 현장에서 노면표시의 측설 이후에 검토 될 사항이다. 따라서 노면표시의 재료는 우선 산업자원부(한

국 표준원)에서 재료에 대한 인증이 필요하고 그 연후에 시험 현장에서 시험 도포후 반사성능에 대한 검토를 통해 현장적용여부가 결정되어야 할 것으로 본다. 다음은 경찰청에서 정하고 있는 반사성능 기준이다.

<표 3-4> 현재기준 : 도로형 노면표시 반사성능(2005.10월 이후)
단위 : mcd/m² · Lux

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

주) 「설치시」는 노면표시 설치 직후부터 준공시점까지로 본다.
「재도색 시기」는 반사성능의 값이 기준치 이하일 때 재도색 시점으로 본다.
위 기준은 설치기술 및 유리알 생산기술의 개선에 따라 조정할 수 있다.
※출처 : 교통노면표시 설치·관리 매뉴얼_경찰청(2005.10)

다음은 변경전의 기준이다.

<표 3-5> 변경전 : 도로형 노면표시 반사성능(2005.10월 이전)
mcd/m² · Lux

입사각	관찰각	구분	반사성능		
			백색	황색	청색 (흰색의 8%)
86.50°	1.0°	설치시	150	125	12
		재도색 시기	70	55	5
86.50°	1.5°	설치시	120	100	9
		재도색 시기	55	40	4
88.76°	1.05°	설치시	80	60	6
		재도색 시기	35	25	2

<표 3-4>와 <표 3-5>를 비교하면 여러 가지 값들이 변경되었다.

초기 반사성능이 30% 상향조정 되었고, 광학적 기하구조가 한가지로 통합되었고 도시 내와 도시외의 값이 분리되었다. 기존 값들은 앞에서 논의된 여러 가지 연구 결과보다 낮은 수준에 있다. 그것은 당시 기술 수준으로 보아서 급격한 기준 상향으로 실제현장에서 받을 수 있는 충격을 최대한 줄이려는 노력의 일환이라고 본다. 55세 이상 노인을 위해서는 노랑색은 헤드라이트 하향등으로 155mcd/m²·lux, 흰색은 하향등으로 170mcd/m²·lux 가 필요하다는 연구결과도 있지만 현재 기준은 많이 낮은 것이 사실이다.

현재 서울시 등 지자체별로 그 기준을 상향을 고려하고 있지만 노면표시만으로 그 기준을 올린다고 한다면 적절한 해법은 아니라고 본다. 기준도 상향되어야 하지만 기준의 상향 시에는 가격이 급격히 상승하며 고가의 시설이 유지관리가 되지 않고 제도색시기(Cycle-time)를 넘긴 노면표시를 방치한다면 더욱 위험한 일이다. 그것은 1년 주기로 재 도색하는 도로공사의 노면표시 Cycle-time에서도 잘 나타나 있고 Neville A. Parker¹, Massawe S. J. Mejal(2003)의 연구에서도 제시되었듯이 제설작업을 하는 지역의 노면표시는 제설작업 후 최하성능이하로 떨어 졌다는 결과는 시사하는 점이 많다.

우리나라는 남부 일부지방을 제외하고는 많은 지역이 강설지역이다. 선진외국에서는 강설지역에 제설 가능한 표지병을 설치하여 많은 효과를 보고 있어 이에 관한 고려가 필요하다고 사료된다.

미국의 FHWA 권고 최하 반사성능을 보면 표지병이 있는 경우와 표지병이 없는 구간을 구분하여 반사성능값을 제시하고 있는 점은 매우 합리적인 방법이라고 사료되며 시사하는 바가 크다.

<표 3-6> FHWA가 권고하는 최하 반사성능 값(1998)

단위: mcd/(m² · Lux)

		고속도로의 구간 ≤40mph	고속도로의 구간 ≥45mph	고속도로 구간 ≥55mph
표지병이 있는 경우	흰색	30	35	70
	노랑색	30	35	70
노면표시만 있는 경우	흰색	85	100	150
	노랑색	55	65	100

주) 입사각: 88.76°, 관찰각: 1.05°

또한 FHWA에서는 1999년말 노면표시의 최하 반사성능 값을 수립하기 위해 워크샵을 개최하였다. 워크샵에는 67개 주, 군 및 시가 참석했으며 가로등과 표지병이 설치되지 않은 도로에서의 노면표시 최하 반사성능에 대하여 다음 <표 3-7>과 같이 규정하였다.

또한 워크샵에서는 다음과 같은 후속 연구가 추가되어야 한다고 결론지었다.

- 노면표시 반사성능 값과 교통사고의 관계
- 표지병 설치 유무와 최하값의 관계
- 다른 시설물(가로등 및 기타 도로안전시설)들이 설치되어 있을 경우, 최하값과의 관계 등이다

<표 3-7> 미국 기관들의 권고 최하 반사성능 지침

mcd/m² · Lux

색상	속도 분류		
	국지도로 및 보조 집산도로 (48.3 km/h)	주 집산도로 및 간선도로(56.3-80.5 km/h)	고속도로 (88.5 km/h이상)
흰색	노면표시가 야간에 보이기는 하나 재귀반사 없음	80	100
노랑 색		65	80

유럽은 교통안전시설을 비롯한 대부분의 규격에 대해 CEN²²⁾에서 정

하는 표준규격을 따르고 있으며, 노면표시 역시 CEN의 규격을 따른다. CEN에서 규정한 노면표시 관련 규정(Road Marking Material EN-1436, 1997.8)을 살펴보면 유럽에서는 노면표시의 설치시 반사성능값을 규정하고 있다기 보다는 노면표시의 작용수명(Functional Life)동안의 최하 반사성능 기준을 제시하고 있다. <표 3-8>은 CEN 소속국가에서 자체적으로 적용할 수 있는 기준값이다.

<표 3-8> 유럽의 노면표시 반사성능

단위: mcd/(m² · Lux)

노면표시 형태 및 색상		등급(Class)	최하 반사성능 (RL)
영구	흰색	R2	RL≥100
		R4	RL≥200
		R5	RL≥300
	노랑색	R1	RL≥80
		R3	RL≥150
임시		R4	RL≥200
		R3	RL≥150
		R5	RL≥300

한편 현재의 우리나라 기준을 보면 제 도색시기에서 도시 내와 도시 외의 제도색 기준이 다르다. 그것은 앞 절의 운전자 시인성 요구사항에서 살펴보았듯이 가로등이 있는 곳과 없는 곳에 따라 시인거리가 달라지기 때문인데, 가로등의 밝기에 따라 다르지만 도로교통공단(2007)의 도로노면표시의 야간 시인성 분석에서 최하요구반사성능의 차이가 가로등이 없는 곳은 가로등이 있는 곳보다 약 2배 정도 더 밝아야한다고 주장하였다.

도시 내는 가로등이 있다고 보았고 도시 외는 가로등이 없다고 본다면 일견 타당한 내용이라고 보나 좀 더 면밀한 제시가 필요하다고 보여

22) CEN(Comite Europeen de Normalisation): 유럽표준규격으로서 가입국가는 자국의 별도 규격에 우선하여 본 규격에 따르며, 모든 문서는 영어, 불어, 독어의 3개 언어로 출판된다. 가입국가는 영국, 독일, 프랑스를 비롯한 유럽 19개국이다.

진다.

앞에서 논의된바와 같이 가로등 이외에도 노면표시의 반사성능(시인 거리와 관련)은 속도, 가로 표지병 유무 등에 따라 다르다. 예를 들어 Zwahlen & Schnell(2000)이 제시한 내용중에 110km/h에서 표지병이 있을 때에는 $70\text{mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$, 표지병이 없이 노면표시만 설치 시에는 $620\text{mcd/m}^2 \cdot \text{Lux}$ 의 성능이 필요하여 표지병 유무에 따라 9배의 차이가 난다고 하였다.

이에 따르면 기준 설정에 있어서 도로만의 기준으로는 좋은 시인성을 제공할 수 없다는 점을 간접적으로 시사해 주는 대목이라 할 수 있고 Ronald의 재료별 시인거리를 상기할 필요가 있다. 즉 표지병이 맑은 날의 경우는 일반 표준 도로정보보다 1.5배, 우천 시에는 5.7배의 시인거리를 갖고, 일반 도로의 경우는 맑은 날은 시인거리 81m에서 비 오는 날은 22m정도로 4배 정도 짧다.

또한 유럽은 앞에서 본바와 같이 CEN²³⁾의 표준 규격을 따르고 있으며 도로 등급에 따라 다르나 작용수명동안의 반사성능을 흰색은 $100\text{--}130\text{ mcd/m}^2/\text{ls}$, 노랑색은 $80\text{--}100\text{ mcd/m}^2/\text{ls}$ 을 정해두고 있어 우리나라의 기준에 비하면 두배정도 높은 값을 제시하고 있다. 유럽기준의 특이한 점은 습윤 상태에서 $60\text{ mcd/m}^2/\text{ls}$ 를 제시하고 있는 점인데 이는 우리나라 초기 최하반사성능과 같은 값이다.

따라서 반사성능의 기준은 상향조정 되어야 하고 여러가지 교통 환경에 따라 적재 적소에 필요한 정도의 기준과 다른 재료와의 조합으로 제시될 필요가 있다고 본다.

3.2.2 표지병

표지병은 일반 도로식보다는 시인성 측면에서 탁월하다. 단위와 야간 시인성 성능의 측정방법이 다르기 때문에 어느 정도라고 수치적으로 말하기는 어렵지만 표지병은 그 특성상 시인거리를 제공하는데는 도로형

23) CEN : 유럽 표준 규격 위원회

에 비해 물리적으로 어려움이 없다. 오히려 글레어에 의한 시각장애가 문제가 된다. 따라서 주로 시각적인 교란이 없는 정도를 기준으로 정하기 때문에 시인성능에는 큰 문제가 없다고 본다. 다만 표지병의 경우는 제설작업에 의한 파손의 문제가 있고 비교적 고가의 시설이기 때문에 유지관리의 문제 해결이 중요하다고 본다.

우리나라의 표지병 기준은 각 측정 기하 조건에서의 반사성능 값은 외국의 기준을 참고하였는데, 관측각 0.2°일 때의 반사성능은 미국 ASTM의 기준을, 그 외 관측각에서의 반사성능 값 및 유리알 표지병 반사성능 값은 유럽공동규격의 기준을 차용하여 사용하고 있다. 현행 기준은 다음과 같다.

<표 3-9> 표지병의 최하 반사성능 기준

측광기하조건		최소 R 값(mcd/lx)	
관측각	입사각	유리	플라스틱
0.2°	0°	-	279
0.2°	±20°	-	112
0.3°	±5°	20	220
1°	±10°	10	25
2°	±15°	2	2.5

<표 3-10> 표지병 재귀반사체의 색상 변수 값

색상	색상변수
흰색	1.0
노랑색	0.6

<표 3-11> 점등형 표지병의 최하 광도 기준

측정각도		기준값 (mcd)
수직각	수평각	
0.2°	0°	60
	±20°	12
0.3°	±5°	54
1°	±10°	21
2°	±15°	18

3.2.3 시사점 및 개선 방향

현재 우리나라의 시인성관련 기준은 5년전의 기준으로, 당시 기술 수준을 많이 감안한 내용으로 현실적으로 적절한 기준으로 상향할 필요가 있다. 특히 노인인구의 증가로 노령운전자가 많아지고 있고 실제 기준의 수준도 미국과는 비슷하지만 ECU의 기준에는 못 미치고 있다. 그러나 미국의 경우는 시인거리가 높은 표지병을 많이 활용하고 있어 우리나라의 경우와는 차이가 있다. 연구에 의하면 재 도색측면에서 최하시인성의 기준을 2배정도 높여야 한다는 주장도 있다. 현시점에서 차선의 시인성 기준을 상향할 필요가 있다.

3.3 차선 공법에 따른 장소별 적용과 한계

3.3.1 공법별 특성

노면표시는 사용하는 재료와 시공법에 의해서 내구성 및 양성시간이 다르기 때문에 도로조건 및 기상 등의 환경 특히, 스파이크 타이어, 체인 타이어 등의 사용, 그 외에 시공성, 경제성 등을 고려하여 공법을 선택하는 것이 필요하다.

다음은 특성에 따라 2005년 매뉴얼에서 정하고 있는 도로조건별 공법이다.

<표 3-12> 각 도로조건에 적합한 도로별 공법

도로구분	노면상태	노면표시구분	온난지대		한냉지대	
			교통량 많음	교통량 적음	교통량 많음	교통량 적음
일반도로	일반적 노면	중방향선	용착식	용착식 가열식	용착식 가열식	가열식
		횡단선 문자기호	용착식	용착식	용착식	용착식
	가포장	-	상온식	상온식	상온식	상온식
	균열이 많은 노면	-	가열식 상온식	가열식 상온식	가열식 상온식	가열식 상온식
	석재 및 벽돌	-	상온식	상온식	상온식	상온식
고속 및 자동차 전용도로	일반적 노면	-	가열식 용착식	가열식	가열식	가열식
수직면	-	-	상온식	상온식	상온식	상온식

자료: 노면표시 설치관리 매뉴얼(경찰청, 2005)

현행 매뉴얼(2005)의 작성 당시 수용성 도로에 대한 인식이 없는 상태에서 권고 공법이 제공되었기 때문에 재고되어야 할 것이다. 또한 도로식에 대해서만 공법을 제시하고 있는데, 표지병의 경우도 누락되어 있다. 각 공법별 특성은 다음과 같다.

1) 상온식

재료별 특성을 살펴보면 상온식은 교통량이 적은 도로의 중앙선, 길

가장자리 구역선 및 수직면 그리고 벽돌포장, 가포장, 눈이 많이 오고 추운 지방에 적합하다. 복잡한 형상의 문자, 기호표시는 표시형을 만들어서 사용하는 것이 좋다.

2) 가열식

가열식은 도로의 횡단방향 노면표시(실선 및 점선), 고속도로 중앙선, 차선 및 길가장자리 구역선, 눈이 많이 오고 추운 지방에 적합하다.

3) 용착식

용착식은 다른 재료들 보다 반사성능 감소율이 적다. 또한 비드가 큰 것이 반사성능을 높이고 성능의 지속기간이 길다. 용착식의 경우 도장 두께가 상대적으로 두껍기 때문에 구경이 큰 비드 사용이 용이하다. 따라서 차량에 의해 쉽게 마모되는 중앙선, 차선, 길가장자리 구역선 및 정지선, 횡단보도 표시에 적합하다. 그러나 석재 혹은 벽돌 포장, 가포장 및 6개월 이내에 덧씌우기 등 재포장이 예정된 노면에는 적합하지 않다. 용착식은 일반적으로 시공 후 곧 바로 차량통행이 가능하고 내마모성이 크고 야간 시인성이 높은 장점과 함께 간단히 시공할 수 있다. 그렇지만 비용이 비교적 고가이며 시공방법에 따라 박리가 일어날 수 있다.

4) 테이프식

테이프식 노면표시의 적용은 작은 면적의 문자, 기호표시 또는 임시표시(테이프는 영구표시용과 임시표시용이 있음)에 적합하다. 테이프식 노면표시는 비교적 시공이 간편하고 반사성능이 뛰어나 공사구간 등에 적용할 경우 효율적인 사용이 가능할 것이다.

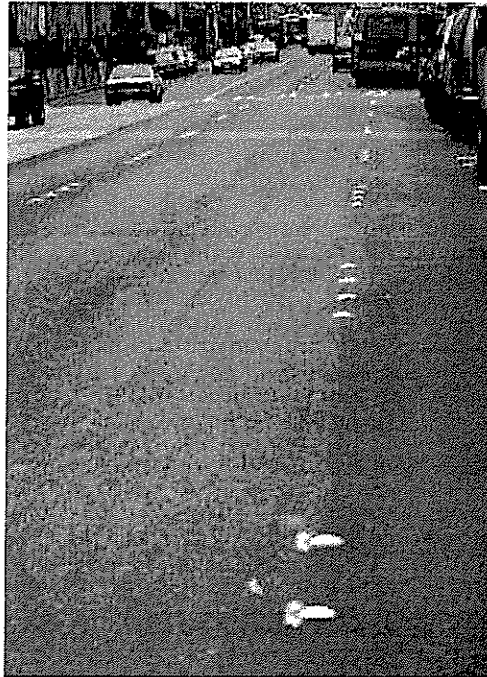
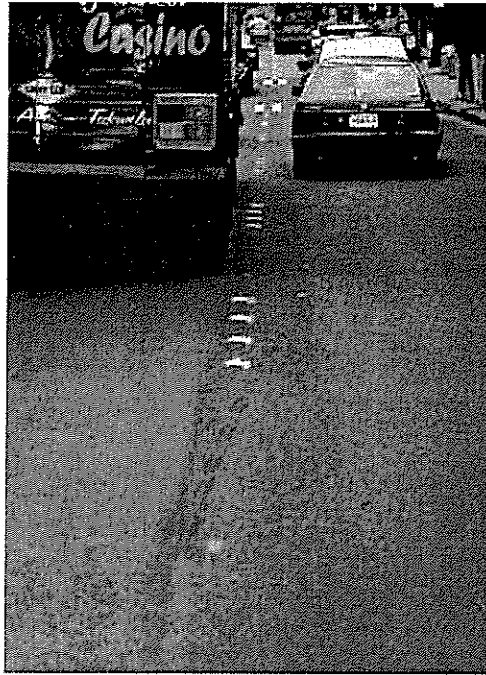
5) 수용성 도료

수용성 도료는 씨모플라스틱과 같은 재질이지만 물에 녹는 특수도료로 신 개발품에 속한다. 용착식이 현장에서 용융하여 사용하는데 비해 수용성도료는 용융없이 현장 타설이 가능하기 때문에 시공성이 좋다는 장점이 있다. 아직 완전히 검증되지는 않았지만 가열형정도의 품질이거나 그이상의 내구성을 갖는 것으로 알려져 있다. 그러나 수용성계열이나 용제 계열이나 궁극적으로는 반사성능 감소율은 거의 같다. 두 재료군의 선택에 있어서는 설치비용을 고려하여 결정되어야 할 것이다.

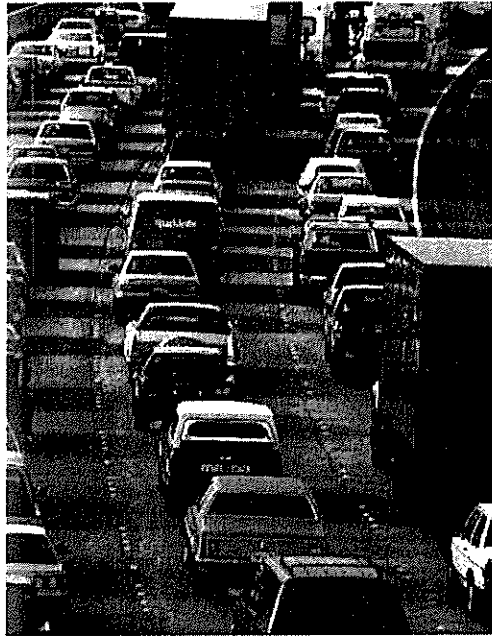
6) 표지병

표지병은 그 특성상 반사체가 서있는 형태로 되어있어 반사효율이 좋고 특히 악천후시에 유용하다. 반사효율성에 있어서는 현존하는 노면표시재료에서 볼 때에는 가장 좋다.

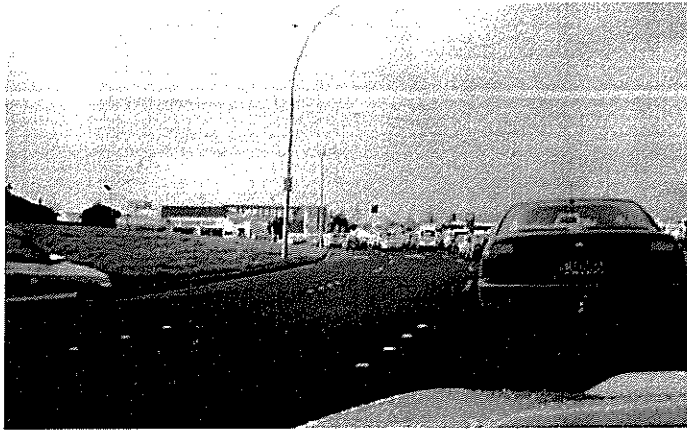
다음 [그림 3-3],[그림 3-4],[그림 3-5],[그림 3-6]은 외국의 표지병의 차선적용 사례이다. 일반도로에는 물론이고 고속도로에도 표지병을 적용하고 있다. 다만 예시된 사례에서는 거의 눈이 오지 않는 지역을 예로 들었지만 차선에는 표지병을 전혀 사용하지 않고 있는 우리나라와 비교하면 시사하는 바가 크고, 눈이 많이 오는 미국의 중북부 지방에서는 제설 가능한 표지병을 사용하고 있다.



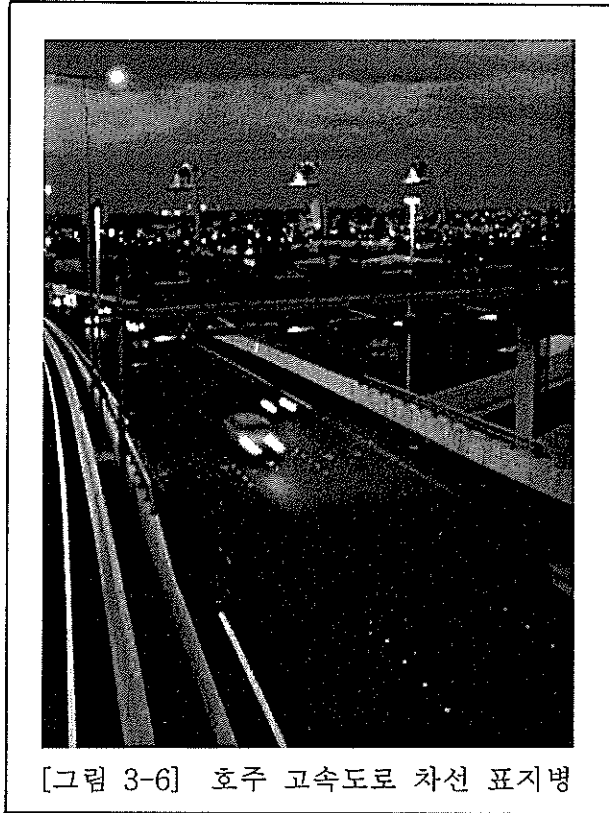
[그림 3-3] 미국 시내도로의 차선 표시법



[그림 3-4] 미국 고속도로 차선 표지병



[그림 3-5] 호주 일반도로 차선 표지병



[그림 3-6] 호주 고속도로 차선 표지병

많은 연구에서 표지병의 중요성이 논의되었고 적용방법에 대해서도 간접적으로 제시되고 있어 추후 장소별 재료의 적용에는 표지병의 적용에 대한 면밀한 고려가 필요하다 할 수 있다.

3.3.2 우리나라 차선의 공법적용 현황

1) 도료식 표시

비교적 노면표시의 설치관리가 잘 이루어지고 있는 곳은 한국도로공사가 운영하는 고속국도이다. 고속국도의 경우 중앙선 갓길은 가열형과 상온형, 차선은 내 마모형인 용착식이나 수용성 도료를 사용하고 있으며 중앙선에는 표지병을 병설하고 있고 갓길에는 표지병이나 시선유도표지를 병설하고 있다. 또한 도료형 표시는 제설작업을 고려하여 사이클 타

임을 1년으로 하여 재 도색하고 있다.

그 외 지방도 등 다른 도로에서는 주로 내구성 도료인 용착식을 주로 사용하고 있는데, 서울시의 경우는 상온식 도료는 주로 공사중인 도로등 일시적이거나 단기간 동안 사용하는 도로에 주로 적용하고 있고 대부분 내구성 도료인 용착식 도료를 적용하고 있다.

2) 표지병

표지병은 중앙선이나 길 가장자리 구역선에 설치하고 있으나 차선에는 적용하지 않고 있다. 즉 현재 표지병 규격은 있으나 실제 차선에는 표지병 설치를 하지 않고 있다. 많은 연구결과에서 제시되었듯이 노면표시의 재료 중에서 가장 시인성이 좋은 것은 표지병이다. 그다음이 돌출형 표시이고 마지막으로 일반 도료형 노면표시이다. 그러나 표지병의 단점은 눈이 많이 오는 지역에서 제설 작업 중 제설차량 삽날에 파손되기 쉽기 때문이다. 그러나 제설작업을 할 때에도 중앙선의 경우는 일반 차선보다는 파손이 덜 된다. 따라서 우리나라에서는 중앙선의 경우는 표지병을 설치하고 차선에는 설치하지 않고 있다. 그 외에도 표지병은 노면과 고정하는 부분이 부실할 경우 교통사고 우려가 있어 도로를 횡단하는 부분에 대한 설치를 금지하고 있다. 따라서 표지병의 효과를 최대한 활용하기 위해서는 지지대가 없는 표지병과 제설가능한 표지병에 관한 관심이 필요하다.

그 외에도 돌출형 노면표시에 관한 관심도 높아지고 있다. 도로공사에서는 기존 차선 보다 반사율 2.6배 높은 요철포장차선(돌출형 표시의 일종)을 개발하여 시험 시공한바 있는데 우천 시 좋은 효과가 있고 실제 요철포장 차선 도색 면을 이동식 휘도기로 측정해 본 결과, 일반 차선보다 반사효율이 2.6배 높게 나타났다고 보고된바있다. 그러나 더 면밀한 관찰이 필요하겠지만 일반 차선에의 적용은 역시 돌출형 노면표시는 표지병과 마찬가지로 제설작업으로 인한 문제가 발생하기 때문에 제설측면에서 재고되어야 할 공법이라고 사료된다.

차선의 서울시 내부 자료를 통해 비용측면을 살펴보면 일반 시내도로의 Stripe-Gap을 한 사이클로 보았을때, Stripe부분을 8m 로 본다면 한 사이클당 설치비용은 다음과 같다.

- 용착식: $1,754\text{원}/\text{m} * 8\text{m} = 14,032\text{원}$
- 상온형: $300 - 500\text{원}/\text{m} * 8\text{m} = 3,200\text{원}$
- 표지병: 도시의 경우 16m당 1개 설치시 : 15,000원

다만 표지병의 경우는 우리나라의 경우 노면표시의 보조이기 때문에 노면표시와 합산해서 검토되어야 할 것이다. 따라서 용착식도료 + 표지병의 가격은 Stripe-Gap의 1개 사이클당 약 3만원이라고 보면 개략적 금액 이라고 볼 수 있다. 위의 설치비용에서 일반 시내의 경우 거의 용착식을 설치하는데 비용과 서비스의 질을 고려할 때 역시 표지병의 적용을 고려할 필요가 있다.

그 외에도 표지병에는 부착식 표지병이 있는데, 우리나라에서는 현재 시공되고 있지는 않지만 포장면을 뚫지 않고 노면에 접촉하는 것만으로 시공이 끝나기 때문에 시공비를 줄일 수 있다,

3) 부착식 표지병

표지병 설치공사 시 도로의 훼손 및 설치시간의 장기화로 인한 교통 체증, 표지병 노면이탈시 이로 인한 교통사고 가능성 등을 고려한다면 우리나라도 현재 미국에서 사용하고 있는 지주(支柱)없는 표지병(부착식 표지병)의 도입을 고려해 볼만하다.

부착식 표지병을 주로 사용하는 미국의 경우 표지병의 높이는 최대 20.3mm, 폭은 최대 130mm(원형 및 사각)이며, 노면과 표지병 전면부의 각도가 45°를 넘지 못하도록 규정하고 있어 차량에 의한 충격시 이를 효과적으로 감쇄시킬 수 있는 구조로 되어 있다. 그럼에도 불구하고 지주가 없이 접촉제에 의하여만 노면에 부착되므로 세심한 시공이 이뤄지지 않

는다면 지주식보다는 노면에서 이탈할 가능성이 높다. 미국에서 조사한 부착식 표지병 불량원인을 보면 약 56%가 노면에서의 이탈에 의한 것으로 나타났다.

현재 우리나라에서 설치되는 표지병의 경우 높이가 보통 25mm 이상이며 반사체에서 표지병 상단부의 각도가 거의 70° 이상인 점을 감안한다면 현상태의 표지병 형상에서 지주를 제거한 채 접착제에 의하여만 설치하는 것은 다소 무리가 따를 것이다. 또한 접착제가 발라지는 표지병의 하단부 역시 미국의 부착식 표지병은 뚫린 부분이 없이 모두 평탄하게 되어있어 접착제가 칠해지는 면이 많으나, 우리나라의 표지병은 대부분 앵커가 부착되어 있으며 하단부에 뚫린 부분이 많아 접착제에만 의존할 수는 없는 형편이다.

따라서 설치의 간편성, 경제성 등을 고려한다면 부착식 표지병의 효용은 인정되나 이를 적용하기 위해서는 별도의 부착식 표지병 형상 및 구조에 관한 설치기준이 제정되어야 할 것으로 사료되며, 우선 부착식 표지병이 광범위하게 사용되는 다음 표 5.15와 같이 미국 ASTM의 기준을 도입하여 시행하는 것이 타당한 것으로 판단된다. 기타 제귀반사 정도 및 색상 등은 기존 표지병 기준을 준용하면 될 것이다. 또한 부착식 표지병의 경우 일반 표지병보다 시공 시 노면 청소 및 습기제거 등의 보다 세심한 주의가 필요하다.

표지병의 기준에도 부착식 표지병을 차선에 사용토록 정하고 있는데, 아직까지 포장면과 표지병의 부착에 관한 기술적 신뢰가 부족한듯하다. 그동안 우리나라에서 차선에 사용하지 않게 된 것은 기존의 지주가 있는 표지병이 차량과의 잦은 접촉으로 아예 표지병 지주까지 도로에서 뽑혀져 나와 차량과의 충돌시 차량 파손은 물론 이로인한 교통사고의 위험이 매우 크며, 지주는 노면에 매설된 채 표지병의 몸체가 지주와 분리되어 있는 경우도 많이 발견되었다. 이 경우 차량이 지주부위를 밟고 주행 시 노면위로 노출되어 있는 날카로운 지주에 타이어의 파손이 우려되기도 하였다. 외국에서는 그러한 안전상의 문제와 설치 비용이 저렴한 이유로 부착식 표지병이 많이 사용되고 있다. 지주형 노면표시의

탈리로 교통사고가 우려되어 차선에 표지병을 설치할 수 없다는 이유로 차선에 표지병을 설치할 수 없다면 우리나라도 부착식 표지병의 도입을 고려해볼 만하다고 본다.

부착식 표지병은 앞에서 논의된 기능상의 문제를 보완하기 위해 다음과 같이 규정하고 있다.

< 표 3-13 > 부착식 표지병 기준

3.5 부착식 표지병	
지주없이 접착제만을 사용하여 노면에 부착하는 표지병을 말하며, 교량구간 및 터널, 편도 1차선 도로의 중앙선, 차선 등 차량과의 접촉이 잦은 지역에 설치한다.	
부착식 표지병의 형상	
구분	기준
최대높이	20mm
일면 규격	100 ~ 150mm
전면부의 각도	노면에서 45°이내
형상	표지병 형상에 준함
일면부	공극없이 1.3mm내에서 평탄

자료: 노면표시 설치 관리 매뉴얼(경찰청, 2005)

교량 및 터널에서 표지병 탈리의 원인은 도로포장의 구조에 있다. 이러한 장소는 콘크리트 구조물 위에 아스팔트포장을 덧씌우는 구조로 되어 있다. 표지병이 동일한 구조와 일체가 되어 있을 때는 고정 혹은 같이 이동함으로써 탈리가 지연될 수 있으나, 교량 및 터널에서는 표지병의 앵커하부는 강성 구조인 콘크리트에 고정되어 있고, 상부는 가요성포

장인 아스팔트로 되어 있어 차량이 포장면 위를 지나면서 가요성포장인 아스팔트면을 변형시키게 된다. 이때 표지병의 접지부는 공간에 뜨게 되며, 표지병은 탈리되거나 차량이 표지병에 충격을 가할 때 앵커와 표지병 몸체의 연결부분이 부러지게 된다.

따라서 교량 및 터널의 경우는 부착식 표지병을 설치하는 것이 유리하고 그 외에도 교량과 터널처럼 아스팔트콘크리트기와 시멘트콘크리트의 이중구조로 되어 있는 포장도로의 구간에도 부착식 표지병의 설치가 요구된다 할 수 있다. 부착식 표지병은 교량구간 및 터널, 편도 1차선도로의 중앙선에 적용하여 교통안전과 소통을 도모할 수 있을 것이다. 물론 지주 있는 표지병에 비해 표지병의 훼손 및 이탈은 심할 것으로 판단되나 노면에서 이탈시 이로 인한 교통사고의 위험이 적으며 시공이 간편하고 용이하므로 즉시 보수가 가능할 것이다.

4) 발광형 표지병

안개 잦은 지역에서는 발광형 표지병의 사용도 고려할 필요가 있다. 발광형 표지병에 대하여 아직까지 기준이 미흡한 상태에서 일부 지역에 설치하여 운용 중에 있다. 미국의 경우, 과거의 MUTCD에서는 발광형 표지병에 관한 언급이 없었으나, 개정된 「MUTCD 2000」에서는 노면용 발광형 경고등을 사용할 수 있도록 규정하였다. 현재 국내에서 사용하고 있는 점멸형(Flashing) 경고등과 점등형(Steady) 경고등에 관해 「MUTCD 2000」에서 규정하고 있는 유사한 관련 기준²⁴⁾을 살펴보면 다음과 같다.

○ 설치지점: 도로이용자가 특별히 주의를 기울여야 할 접근로 또는 전면 시야가 명확히 확보되지 않는 지점, 도로이용자가 감속하거나 정지하여야 할 지점으로 주로 횡단보도 부근

○ 「정지」 및 「양보」 안전표지 및 노면표시 또는 교통신호등이

24) MUTCD 2000 Part 4 Highway Traffic Signals. Chapter 4L In-Roadway Lights.

작동되는 횡단보도에는 설치 금지

- 높이: 노면에서 19mm를 초과하여서는 안됨
- 횡단보도에서 사용 시는 보행자 신호에서만 작동되어야 함
- 점멸회수는 분당 50~60회여야 하며, 운전자의 착란현상을 방지하기 위하여 초당 5~30회의 점멸은 금지함

한편, 미국 ITE에서 발간한 관련규격²⁵⁾에 의하면 우리나라의 시선유도표지에 해당되는 발광형 안전시설에 대해 점멸형과 점등형 두가지로 구분하여 구매기준을 제시하였으며 구매사양은 다음 <표 3-11>과 같다.

<표 3-14> 미국의 발광형 경고등 구매 사양

구분	A 형	B 형	C 형
분당 발광회수	55 ~ 75	55 ~ 75	-
최소 유효광도	4 cd	35 cd	-
광도	-	-	2 cd
운용시간대	야간	종일	야간

자료출처: ITE, Equipment and Material Standard

- 주) A 형: 저광도 점멸형 경고등(Low intensity flashing warnign light)
 B 형: 고광도 점멸형 경고등(High intensity flashing warnign light)
 C 형: 점등형 경고등(Steady burn warning light)

국내에서 개발되어 현장에 적용중인 태양열이용 발광형 표지병은 점멸형(Flashing)과 점등형(Steady) 표지병으로 구분할 수 있다. 점멸형 표지병은 내장된 LED가 1초에 2회에서 수십회 on-off를 반복하는 형이며, 점등형 표지병은 일몰후부터 계속하여 LED가 점등되어 있는 형식이다.

점등형 표지병은 운전자에게 착란현상을 일으킬 염려가 없으면서 도로의 선형을 명확하게 나타내줄 수는 있다는 점이 인정된다. 또한 외국에서도 규격화하여 사용하고 있다는 점은 이미 실용성에서 검증받은 점이라고 판단된다, 다만 글레어 측면을 고려하여 밝기 기준이 제시된 이후에 적용될 필요가 있다고 본다. 또한 점등형과 달리 점멸형 표지병은

25) ITE(Institute Transportation Engineers), Equipment and Material Standards Ch13. Purchase Specification for Flashing and Steady Burn Warning Lights, 1997

시선유도시설로서 일반 도로에 설치하기에는 다소 무리가 있다고 판단되며, 그 설치지점을 극히 제한할 필요가 있다.

3.3.3. 시사점 및 개선 방향

차선의 경우에는 도료형 차선이 주로 사용되고 있는데, 그 외에도 돌출형도료, 표지병, 발광식표지병 그리고 제설가능한 표지병 등 많은 공법이 있다. 공법별로 적용상의 문제점으로는 표지병의 제설시 장애 및 파손의 문제 그리고 발광형 노면표시의 기준미비 등의 문제 가있지만 이러한 문제는 현 기술 수준으로 볼 때 쉽게 개선될 수 있다고 사료된다. 공법의 적용 방향으로는 도로 여건에 따라 조합으로 설치하는 방향이 고려될 수 있다. 개선방향을 정리하면 다음과 같이 요약될 수 있다.

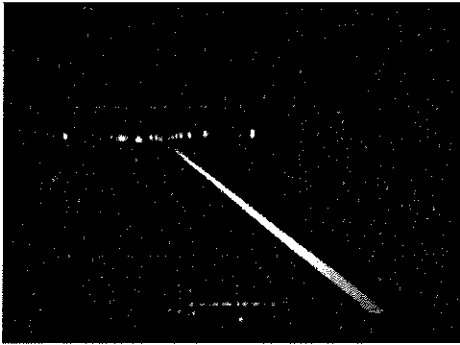
- 시인성 증진과 동시에 악천후를 고려
- 재료를 복합적으로 배치할 것을 고려하여 재료별 단점을 보완
- 가로등이 있는 곳과 없는 곳으로 구분 하여 적용
- 강설지역의 제설은 차선유지에 장애가 되므로 강설지역과 비 강설지역으로 구분하여 적용
- 안개 등 악천후를 고려하여 발광형 표지 적용
- 비용분석 후 장소별 적정 공법 적용 등

3.4 기술개발

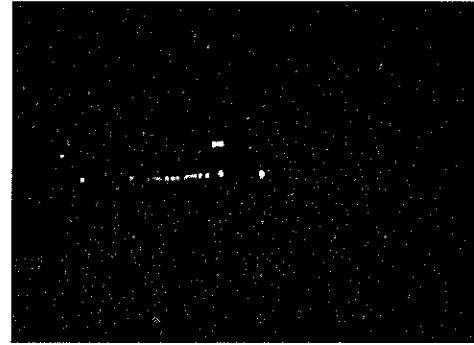
3.4.1 외국의 동향

1) 도료형 노면표시

- 노면표시 반사성능 측정 차량 개발
- 우천 시 시인성있는 특수 표시재료의 개발



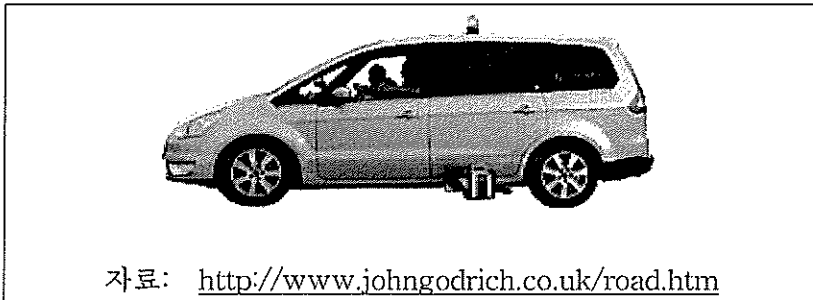
3M 의 Wet Reflective 차선



전통적인 차선

[그림 3-7] 우천 시를 위한 차선과 전통적인 차선의 비교.

○ 차선 시인성능 검사차의 운영 : 차량에 시인성 측정장비를 탑재하고 측정 및 분석까지 검사차를 이용하여 효율적인 관리를 하고 있음



자료: <http://www.johngodrich.co.uk/road.htm>

[그림 3-8] 차선 시인성 측정 차량

2) 표지병

○ 우천시에는 표지병이 저렴하고 탁월한 성능이 인정되어 해외에서는 표지병과 제설차의 개발이 꾸준히 이루어 지고 있다

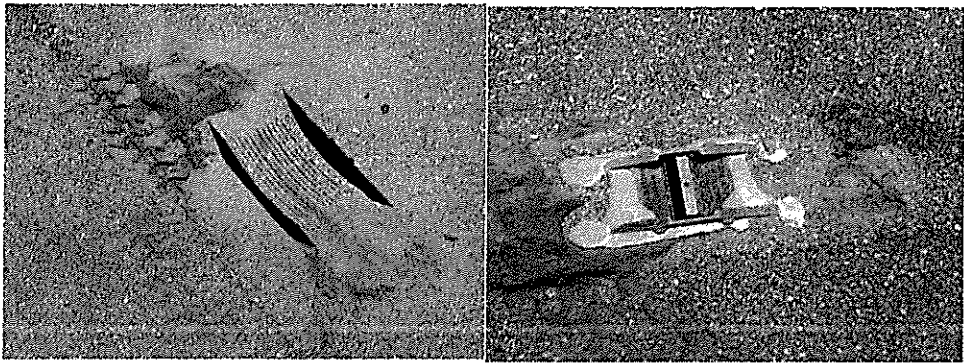
○ 미국의 많은 주에서 표지병을 사용하고 있고 강설지역에서는 제설 가능한 표지병을 사용하고 있는데, ASSIHTO의 조사에 의하면 뉴욕주, 버지니아주, 텍사스주, 버몬트주, 뉴저지주, 아칸사스주, 네브라스카주, 메릴랜드주, 일리노이즈 주, 노스다코타주 등 11개 중북부지방의 주들이

주로 채택하고 있고, 교통량이 많은 주요도로에 활용하고 있다.(SRPM Survey Results - AASHTO -)

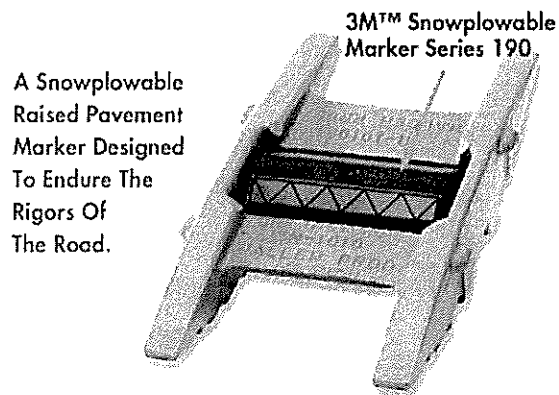
○ 제설가능한 표지병의 개발

아래 [그림 3-9]는 제설가능한 표지병 설치사례이고 [그림 3-10][그림 3-11] 그리고 [그림 3-12]는 제설가능 표지병으로 개발된 제품들이다.

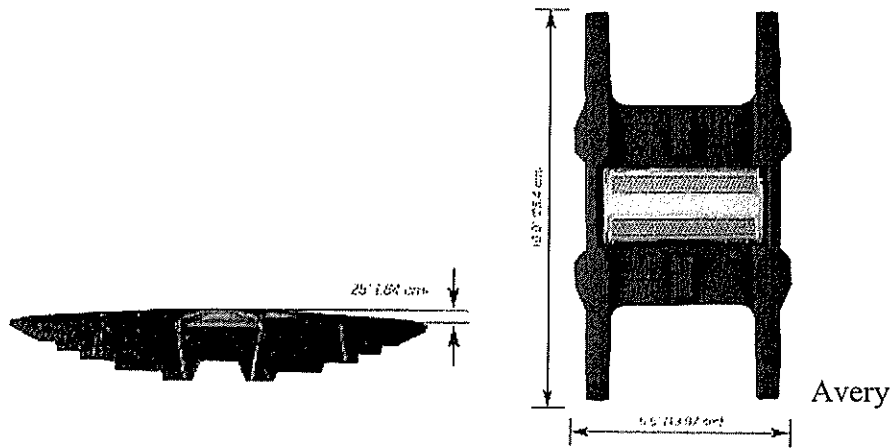
○ 제설차량 삽날의 개발을 통해 표지병과 일반 노면표시의 반사 성능을 보호하는 노력도 시도되고 있다.



[그림 3-9] 제설가능한 표지병 설치사례

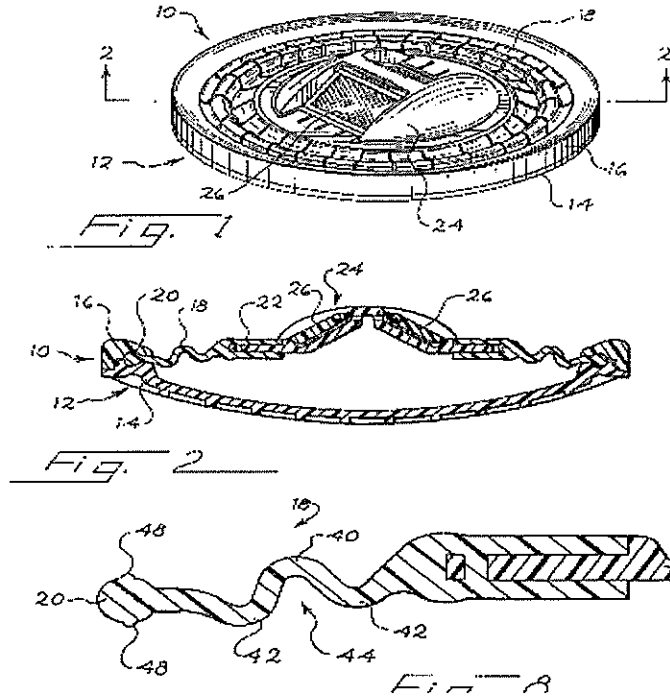


[그림 3-10] 제설가능한 표지병 사례 1



Dennison Stimsonite brand LifeLite 101 LPCR

[그림 3-11] 제설가능한 표지병 사례 2



<그림 3-12> 제설가능한 표지병 사례 3

3.4.2. 우리나라의 기술 수준

도로차선 반사기준 보완 연구(건설기술연구원, 2006)에 따르면 일반국도 전체를 대상으로 차선 반사성능 현장조사 결과 약 25%가 기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났으며, 곡선구간이 직선구간에 비해 낮은 반사성능을 나타낸 것으로 보고된바 있다. 이는 유지관리상의 문제도 있겠지만 기술 수준의 낙후와도 무관하지 않다고 본다.

노면표시의 시공은 적절한 온도에서 적절한 량의 유리알이 뿌려지고 적절한 높이에서 유리알과 도료가 노즐을 통하여 분사식으로 시공되어

야 한다. CEN²⁶⁾권고사항에 의하면 반사성능 향상을 위해 다음 몇 가지를 권장하고 있다.

- 유리알을 도료위에 살포하는 과정에서는 유리알의 55-60% 정도가 도료에 함포되는 것이 반사성능을 최대로 하며, 75%이상이 포함된다면 반사성능이 급격히 저하된다.

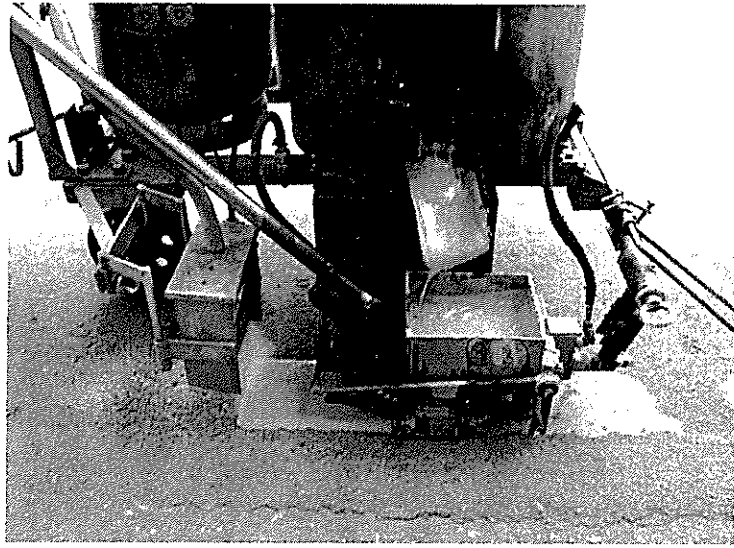
- 직경이 큰 유리알이 최소한 50%이상으로 하는 것이 좋다. 이 경우 도료가 묻거나 젖어있을 경우에는 직경이 작은 유리알은 도료에 묻히게 되며 직경이 큰 유리알만 도료위에 나타나게 된다. 직경이 작은 유리알은 노면표시가 차량에 의해 마모되었을 경우에 나타나게 된다.

또다른 연구²⁷⁾에 의하면 크기가 직경이 큰 유리알과 을 섞어서 시험한 결과 시간당 0.5인치의 우천 시에도 노면표시가 수막현상을 극복하고 적당한 반사성능을 나타냈다. 이때 노면표시의 두께는 $1.5\pm 5\text{mm}$ 가 적당하다. 그러나 이러한 일련의 과정에 대한 공사 관리는 어렵다.

다음 [그림 3-13]과 [그림 3-14]는 자주 볼 수 있는 우리나라 시공 현장 광경이다. 부적절한 시공방법과 이로 인해 도료와 유리알의 부착이 제대로 되지 않은 사례이다. 시공장비 노즐에 바람막이가 설치되지 않아 유리알이 바람에 날려 도료에 정확하게 밀착되지 않은 현상을 볼 수 있다.

26) CEN, Visual Aspect of Road Marking, 1988

27) James Kalchbrenner, Large Glass Beads for Pavement Markings, TRR 1230



[그림 3-13] 노면표시 시공 시 유리알이 바람에 날리는 모습



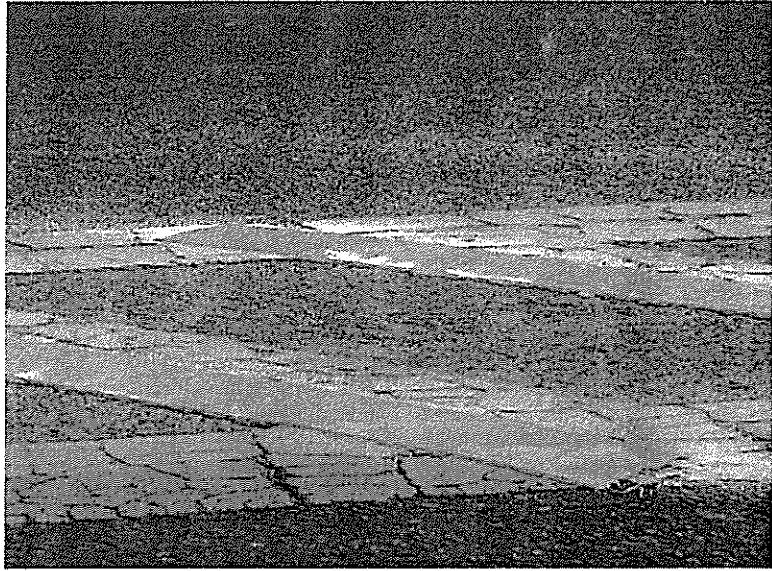
[그림 3-14] 시공결과 도료와 유리알이 정확하게 부착되지 못한 모습

[그림 3-15] [그림 3-16] 역시 장비에 의한 노면표시 시공 모습이나, 노면표시 도료 분출 후 수작업으로 하여서는 유리알의 고착이 불균일하

여 노면표시로서의 기능을 제대로 발휘할 수 없다. 또한 도로에 부착된 유리알도 사진에서와 같은 용융식의 경우 도로상에 도료가 칠해진 후 즉시 유리알이 살포되어야 하나 수작업으로 인해 살포시기가 늦게 되어 도로에 유리알 정착이 어렵게 된다.



[그림 3-15] 노면표시 시공시 유리알을 손으로 뿌리는 모습



[그림 3-16] 도로상에 유리알이 거의 붙어있지 못한 상태

여기서 소개한 내용은 일부 시공의 경우이지만 대부분 기술 수준은 낮은 편이다. 그 이유는 민간개발을 유도해야 하는데 개발이후 적용하기까지의 기간이 길고 좋은 제품보다는 저가낙찰에 의한 저렴한 제품의 선호로 인해 개발에 대한 인센티브가 부족한 실정으로 볼 수 있다. 관리자 측면에서는 개발환경의 제공이 필요하다고 볼 수 있다.

한편으로는 국내 개발측면에서는 앞서 논의한바와 같이 개발보다는 주로 외국에서 들여온 공법을 적용하고 있는 수준인데 다음과 같은 것들이 있다.

- 라인업

라인업 시공시 도료는 대구경비드 및 거친 골재를 사용

- 하이그립

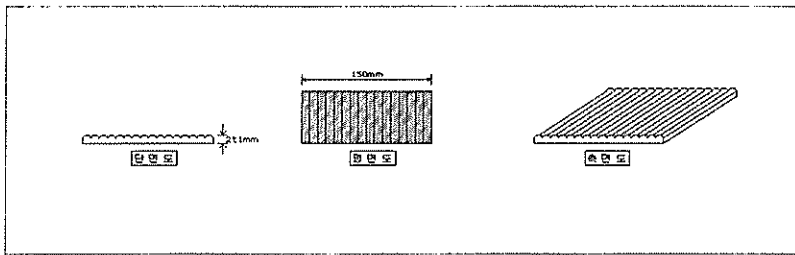
하이그립 차선은 미끄럼방지용 세라믹 골재와 제조사의 특수 그래스 비드를 함유

- 라인마스터

라인 마스터는 반사엘레먼트, 용착도료, 일반 유리알로 구성된다. 반사 엘레먼트는 굴절율이 1.9이상인 세라믹 유리알과 굴절률이 2.4이상인 우천형 세라믹 유리알로 구성된다. 일반 유리알은 굴절율이 1.5이상인 유리알, 용착 도료는 안료, 바인더 그리고 유리알이 균일하게 혼합되어 구성.

- 로드스틱

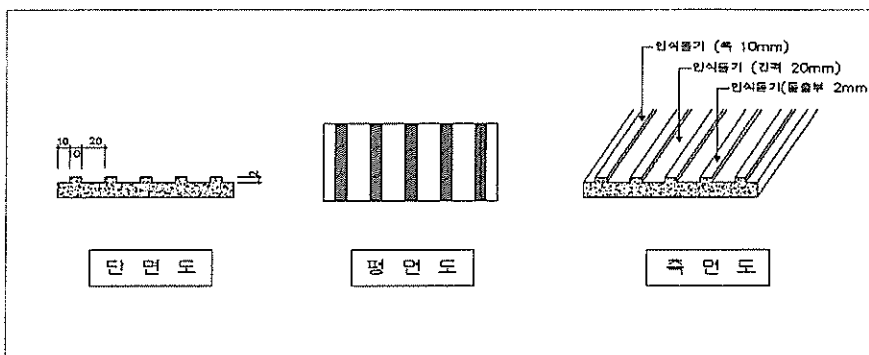
재료는 도료, 프라이머, 글라스비드 등 크게 3가지로 구성



[그림 3-17] 로드스틱의 형태

- 파워라인

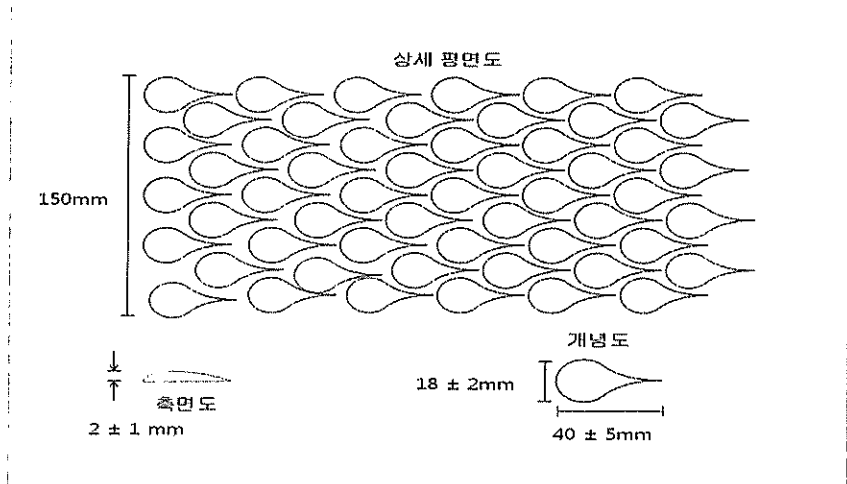
용착식 고휘도 특수기능성도료



[그림 3-18] 파워라인의 형태

- 레인드롭 라인

열가소성 요철형 차선 노면표시



[그림 3-19] 레인드롭 라인의 형태

노면표시는 개발 리스크가 다르기 때문에 적용이 쉬운 외국공법과 제품들이 주류를 이룬다. 하지만 이를 바탕으로 새로운 제품 개발의 초석이 되고 시인성 증진에 도움이 되고 비용편익에서 유리하다면 적극 활용할만한 제품들이라 할 수 있다.

한편 차선도색장비의 개발은 활발히 진행되어 국내업체의 개발로 해외에 수출까지 하고 있어 고무적이라고 할 수 있다. 여기서 시공은 낙후되어있고 장비는 우수하다는 점은 보다 높은 품질의 차선을 제공할 수 있다는 것을 간접적으로 시사해 주고 있다. 이를 위해서는 개선된 공법을 수용하고 요구되는 수준만큼 기준도 상향할 필요가 다고 보며, 나아가 업체들 간의 기술정보의 교류가 필요하고 정보교류를 할 수 있도록 관리자 측면에서 이벤트를 만들고 장소를 제공해 줄 필요가 있다. 더불어 관련 부처 간에도 서로간의 경험과 기술에 관한 정보교류가 있어야 할 것이다.

3.5 관리상의 문제점

3.5.1 관리 주체

현재 교통안전시설의 설치·관리는 도로교통법 지방자치단체에서 설치·관리하도록 되어있으나 도로교통법 시행규칙에서 경찰에 위임·위탁하도록 되어있어 경찰이 설치·관리를 하고 있다. 관리권과 관련한 도로교통법 및 도로교통법 시행령은 다음과 같다.

<표3-15> 교통안전 시설의 위임·위탁규정

도로교통법:

제3조(신호기 등의 설치 및 관리) ①특별시장·광역시장 또는 시장·군수(광역시의 군수를 제외한다. 이하 "시장등"이라 한다)는 도로에서의 위험을 방지하고 교통의 안전과 원활한 소통을 확보하기 위하여 필요하다고 인정하는 때에는 신호기 및 안전표지(이하 "교통안전시설"이라 한다)을 설치·관리하여야 한다. 다만, 「유료도로법」 제6조의 규정에 의한 유료도로에서는 시장등의 지시에 따라 그 도로관리자가 이를 설치·관리하여야 한다.

도로교통법 시행령:

제86조(위임 및 위탁)

①법 제147조제1항에 따라 특별시장·광역시장은 다음 각 호의 권한을 지방경찰청장에게 위임하고, 시장·군수는 다음 각 호의 권한을 경찰서장에게 위탁한다. 다만, 광역교통신호체계의 구성을 위하여 필요하다고 인정되는 경우 관계 시장·군수는 상호협의하여 제1호에 따른 권한을 지방경찰청장에게 공동으로 위탁할 수 있다.<개정 2007.4.27>

그러나 지자체마다 설치·관리 체계가 다르게 운영되고 있다. 서울시의 경우 경찰청과 협의하여 설치·관리를 직접 하고 있고 충남이나 대전의 경우 경찰에서 담당하고 있는 등 교통안전시설의 설치·관리가 지방이전 단계에 놓여있어 과도기적인 상태라고 할 수 있다.

<표 3-16> 는 현재 지자체별 노면표시의 설치관리 주체의 현황이다.

<표 3-16 > 노면표시 설치관리 부처 (2009년 현재)

기관명	설치관리감독기관	비고
부산지방청	지자체	
충북지방청	지자체	
대전지방청	경찰	
충남지방청	경찰	
서울지방청	지자체	
경남지방청	합동	
울산지방청	지자체	
강원지방청	지자체	주요구간 설치전 경찰협의
전북지방청	지자체	
제주지방청	지자체	
전남지방청	설치요청:경찰, 설치시행:지자체	
광주 지방청	설치요청:경찰, 설치시행:지자체	
대구지방청	지자체	
인천지방청	경찰	
경기지방청	-	

자료: 직접 조사(2009.11. 현재)

중앙정부업무를 지방자치단체로 이관하고 있는데 교통안전시설의 설치관리도 경찰청에서 지방 자치체로 이관되고 있는 과도기적 시점에 놓여 있다. 지방분권촉진위원회(2009. 6)28)에서는 교통안전시설의 설치·관리기능을 법(도로교통법)의 내용대로 지방자치단체의 사무로 환원조치토록 결정한바 있고 지방분권촉진위원회의 결정에 따라 현재 경찰청에서 사무이관에 관한 세부내용의 검토와 함께 법 개정을 추진 중에 있는 실정이다. 따라서 지방자치단체에서는 운영에 관한 체계를 구축하여 합

28) 대통령 소속 (2008.12월 출범)으로 지방분권 촉진에 관한 특별법('08. 2. 29 공포)에 근거

리적인 운영계획을 미리 작성해 두어야 할 것으로 사료된다.

그러나 설치관리권이 중앙정부에서 지방자치단체로 이관되고 있는 과도기적 시점에 놓여 있기 때문에 더욱 우려되는바 크다고 할 수 있다. 현시점에서 차선 개선의 방향성을 확립하고 차선의 기능을 다할 수 있도록 준비가 필요하다고 사료된다.

3.5.2 설치관리

1) 공법의 적용

설치관리에 있어서 적용공법의 선정은 매우 중요하다. 기록물들이 구비되어있지 않은 관계로 고속도로를 제외하고는 대다수 지방자치단체에서는 저렴하고 관리가 편한 공법을 선호하고 있다.

도로 상황에 다른 차선의 적용에는 비용분석이 필요하다. 좀 더 면밀하게 고려하자면 비용편익분석을 통해 공법이 적용되어야하나 편익 분석까지는 않더라도 최소한 월간 서비스 비용정도는 비교분석한 후에 공법이 적용되어야 할 것이다.

2) 계약 및 감리 감독

감리 감독 측면에서 보면 선형이나 폭 등 규격에 대해서는 세심한 감독을 한다고 볼 수 있으나 시인성에 있어서는 반사성능의 기준은 체크를 하지만 설치 중의 온도나 글라스비드의 균질성 등 현장 감리는 소홀히 하는 점이 많다. 그것은 인력의 한계도 있고 일반적인 노면표시의 경우 현장 타설시 여러 공정이 한꺼번에 이루어지기 때문에 쉽지 않은 문제라고 볼 수 있다. 그러나 개선된 노면표시체계는 다소 검사는 다소 덜 엄격하게하고 궁극적으로는 비용편익이 성취되는 방향으로 관리하는 것이 보다 효율적이라고 본다. 우리나라에서는 성과가 인정된 업체의 리스트를 유지하고 있는데, 이는 업체등록체계(사전 승인하는 업체 리스트 방식)이라고 할 수있다.

한편 미국에서는 공인된 검사자를 위한 프로그램을 개발해두고 있다. 프로그램은 노면표시 검사에 필요한 중요한 사안에 대해 검사자들을 위한 일련의 양성과정 그리고 워크샵 등으로 구성되어있다. ATSSA(전미 안전협회)와 같은 기관에서는 트레이닝을 위한 비디오테이프를 개발 배포하기도 하고 오하이오주와 같은 곳에서는 보다 상세한 내용으로 자체 개발한 내용의 비디오테이프를 배포하기도 한다.

3.5.3 유지관리

현재의 반사성능기준하에서도 우리나라의 노면표시의 경우 그 기준을 충분히 만족하지 못하고 있는 실정이다. 앞절에서 논의 되었지만 국도의 25%가 기준이 미달된다는 것은 유지관리상의 문제가 더욱 크다고 할 수있다.

한편 유지관리를 위한 관리장비의 보유현황을 보면, 노면표시 시인성 측정장비의 보유대수가 경기 지방청의 경우 4대로 가장 많고 나머지는 경찰청별로 1-2대에 불과하다. 일부 지방에서는 노면표시의 성능검사를 교통안전 전문기관인 도로교통공단에 의뢰하여 점검하는 경우도 있지만 유지관리에는 소홀한 면이 없지 않다.

<표 3-17> 노면표시 시인성 측정장비의 기관별 보유대수

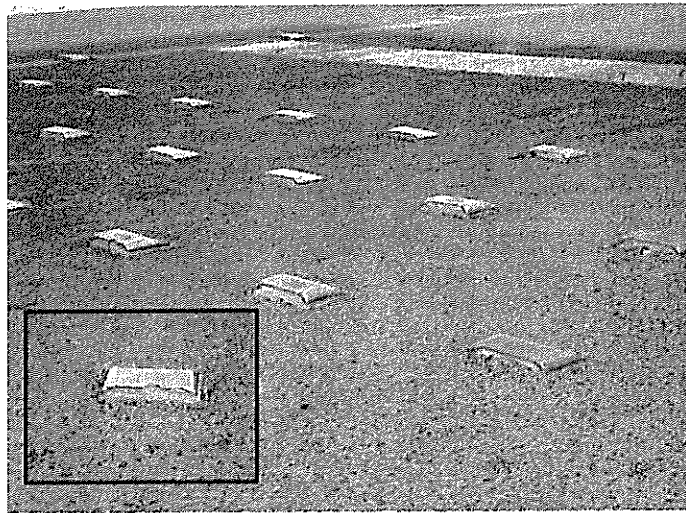
기관명(무순)	보유대수
부산지방청	1
충북지방청	1
대전지방청	1
충남지방청	1
서울지방청	2
경남지방청	1
울산지방청	1
강원지방청	1
전북지방청	1
제주지방청	1
전남지방청	1
대구지방청	1
인천지방청	1
경기지방청	4

* 광주 지방청은 측정기 없음

자료: 직접 문의(2009.11. 현재)

한편 관리 장비에 있어서는 현재 대부분 관리 당국에서 간이 측정기에 의존하고 있는데, 간이측정기로 모든 도로를 모니터하기에는 인력 부족의 한계가 있다. 보통 지자체별로 노면표시 담당이 따로 없고 한 부서에서 교통안전시설은 모두 관리하고 있고 담당인원도 1-2명에 불과하다. 노면표시의 개선에는 계획, 계약, 검사, 유지보수, 비용분석 등 일련의 업무가 있는데, 시, 도 단위의 넓은 지역을 일일이 1-2대의 휴대용 장비로 측정하기는 용이하지 않다. 따라서 모니터링과 분석 그리고 재 도색 노선의 선정에 필요한 적절한 인력 및 장비의 보강으로 관리체계의 개선이 요구된다 할 수 있다.

다음 <그림 3-20>은 잘못 설치된 표지병이 방치되고 있는 사례이다.



[그림 3-20] 잘못 설치된 표지병 방치 사례

3.5.4 시사점 및 개선방향

1) 관리주체

현재 차선의 관리는 관리 주체가 지방마다 중앙정부와 지방자치단체가 혼재되어 있어 과도기적인 환경에 놓여있다. 지방이전 단계에서 자칫 업무이관 등으로 인해 관리가 소홀해 질 수 있고 새로이 업무를 수행하게 될 지방자치단체를 위해서도 적절한 업무의 표준이 필요한 시점이다.

2) 계약

개선된 노면표시체계는 다소 검사는 다소 덜 엄격하게하고 궁극적으로는 비용편익이 성취되는 방향으로 관리하는 것이 보다 효율적이라고 본다. 우리나라에서는 성과가 인정된 업체의 리스트를 유지하고 있는데, 이는 업체등록체계(사전 승인하는 업체 리스트 방식)라고 할 수 있다.

그러나 차선의 궁극적인 목표는 잘 보여야하고 오랫동안 서비스를 제

공하는데 있다. 따라서 노면표시 재료에 대한 보증문제는 계속 증가추세에 있고 이때 반사기능은 노면표시의 모든 효과의 척도가 된다. 앞에서 논의된 바와 같이 노면표시에 제공되는 것들을 시험하기에는 비용 면에서나 시간적으로 매우 어렵다.

이러한 관리상의 한계를 극복하기 위해서는 현장관리 보다는 시공자가 품질보증을 하는 방법으로 하고 감독부서에서는 재료에 대한 보증서 첨부와 함께 준공시점의 규격만 체크하는 방법으로 하는 것이 합리적인 방법이라고 사료된다. 그 대신에 계약조건에서 업체에서는 일정기간동안의 시인성 제공을 보증하도록 하여 시공업체에 책임을 무겁게 할 필요가 있다.

3) 공법의 선택 과 비용분석

공법의 선택에 있어서는 비용분석을 통해 장소별 특성에 맞게 더 좋은 시인성을 제공하고 서비스기간이 긴 공법을 적용하여야 할 것이다. 현재 적용하고 차선에는 주로 도료형만 적용되어 왔다. 앞에서 살펴 본 바와 같이 도료형 외에도 많은 공법을 적용할 수 있다. 한편 차선의 시인성에 있어서 비용과 성능이 비례하지는 않는다. 간혹 관리자들은 비용이 두 배이면 성능도 두 배여야 한다는 생각을 많이 하게 된다. 그러나 차선의 시인성은 성능에 비해 비용은 기하급수적으로 늘어나게 된다. 그리고 간혹 더 좋은 시인성을 위해 고가의 공법을 적용하게 되면 사정기관의 눈치를 보게 되는 경우도 있어 시인성 개선에 걸림돌이 되기도 한다. 이를 위해서는 공법체택을 위한 비용분석을 통해서 서비스 수준과 비용을 함께 검토한 후 최적 공법을 결정 적용하는 체계를 구축할 필요가 있다.

4) 유지관리

설치된 후에도 시인성 유지를 위해서는 청소 및 하자 보수, 그리고

기능의 소멸에 관한 조사 등에 관한 일련의 과정이 요구된다. 그러나 관리 기관에서 관리 장비로는 지자체별로 포트블 측정기 정도밖에 없는 실정이다. 포트블 장비는 대단위 관리를 대상으로는 부적절하다. 원활한 관리를 위해서 보다 능률적인 장비의 지원이 요청된다.

5) 기술개발

차선에 있어서 우리나라의 공법은 한정되어있고 답보상태에 머물러 있다. 현 시설에 만족하기보다는 지속적인 연구 개발을 통해 고성능의 저렴한 시설을 위해 연구·개발이 필요하다.

6) 정보교류

공법에 관한 지식은 감독자나 설치업체의 기술자나 기술의 정보교류가 필요하고 문제에 대한 해결방안을 팀워크를 통해 개선해 나가야 할 것이다.

7) 유지보수

표지병이 제 기능을 발휘할 수 있는지를 점검하고 유지관리를 해야 한다. 현장에 설치하여 운용중인 표지병의 반사성능은 입사각 0°, 관측각 0.2°에서 측정하여 5mcd/lx 이상이어야 한다. 점검 결과에 따라 오염된 표지병에 대해서는 청소를 시행하고, 훼손된 표지병에 대해서는 교체를 해야 한다. 시인성 개선을 위해서는 청소만 잘해도 경우에 따라 2배 정도의 성능을 개선시킬 수가 있다. 특히 겨울철을 나고는 도료형 도료는 물론 표지병의 반사체를 잘 닦아 주는 것이 중요하다. 경찰청 매뉴얼과 국토해양부의 지침에서에서는 년 간 2회이상 청소를 하도록 정하고 있다. 관리부서에서는 청소시기를 정하여 정기적인 청소를 통해 시인성 기능이 상실되지 않도록 해야 할 것이다.

제4장 개선방안

-
- 4.1 장소별 차선 공법 적용방안
 - 4.2 비용분석
 - 4.3 시인성 기준 상향 조정
 - 4.4 계약방법 개선
 - 4.5 약천후 시 시인성 개선을 위한 조치
 - 4.6 기술교육 및 정보교류
-

제4장 개선방안

4.1 장소별 차선 공법 적용방안

본 연구에서는 장소별 차선 공법을 다음과 같이 제안한다.

<표 4-1> 도로조건별 적합한 차선 공법

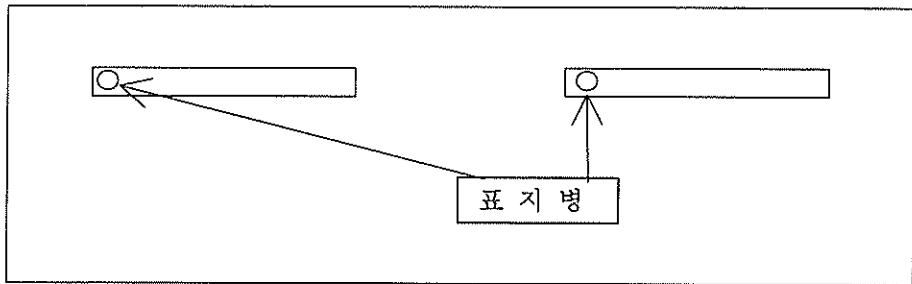
	강설지역		비 강설지역	
	교통량 많은곳	교통량 적은곳	교통량 많은곳	교통량 적은곳
가로등 있는 곳	내구성 도료 + SPRRPM	일반도료 + SPRRPM	내구성도료 + RRPM	일반도료 + RRPM
가로등 없는 곳	고반사 내구성도료 + SPRRPM	고반사 도료 + SPRRPM	고반사 내구성도료 + RRPM	일반도료 + RRPM
안개 잦은 곳	고반사 내구성도료 + 제설가능 발광형 표지병	고반사 도료 + 제설가능 발광형 표지병	고반사 내구성도료 + 발광형 표지병	일반도료 + 발광형 표지병
교량	고반사 내구성도료 + 제설가능 발광형 표지병	고반사 도료 + 제설가능 발광형 표지병	돌출형 차선 혹은 고반사 내구성도료 + 발광형 표지병	돌출형 차선 혹은 고반사 내구성도료 + 발광형 표지병
터널	고반사 내구성도료+ 발광형 표지병 혹은 돌출형 도료			
교통사고 위험이 많은 곳	고반사 내구성도료 + SPRRPM		고반사 내구성도료 + RRPM	

주1) 비강설지역은 눈이 오지 않는 지역이거나 눈은 오지만 제설차량이 불필요한 지역을 말함

주2) RRPM : 반사화된 표지병

주3) SPRRPM : 제설가능한 표지병

표지병 병설을 제안한 것은 비록 강설시 제설작업으로 인한 한계가 있지만 맑은 날 뿐만 아니라 우천 시나 악천후에 표지병은 탁월한 시인 거리를 제공해 주기 때문이다. 표지병 설치 지점은 다음 [그림 4-1]과 같이 Stripe-Gap 의 한 사이클 당 1개 설치한다.



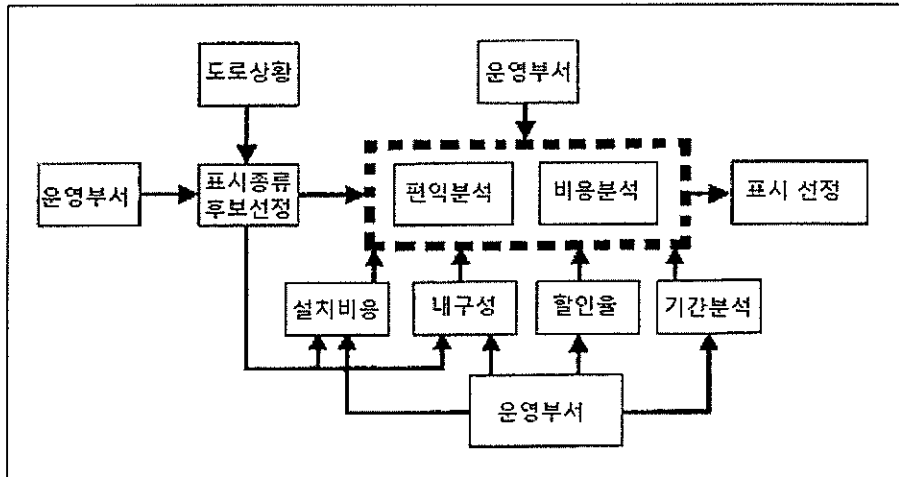
[그림 4-1] 표지병 설치지점

돌출형 노면표시는 표지병과 마찬가지로 강설지역에서는 거의 1년이면 수명을 다하기 때문에 중앙선이나 길가장자리구역선과 같은 교통량이 없는(타이어가 잘 밟지 않는 곳)곳에서는 사용가능하지만 차선에는 적용이 어렵기 때문에 턴넬과 비 강설지역에만 적용하는 것으로 하였다. 돌출형 노면표시와 일반 표지병의 설치는 비용분석에 따라 다르겠지만 일반적으로는 표지병 병설이 비용측면에서 유리할 것으로 판단된다.

4.2 비용분석

공법의 적용에 있어서 해당지역의 교통 환경과 도로환경을 고려하고 같은 지역에서도 교통량(차량 답도)을 고려하여 적용할 것이 필요하다. 이를 위해서는 비용분석이 필요하다. 현재까지는 차선에 적용하는 공법은 주로 용착식 도료와 상온식 도료를 적용해왔기 때문에 비교적 적용이 쉬웠으나 차선에도 많은 종류의 공법이 있는 만큼 적절한 공법의 적용을 위해서는 비용분석은 필수적이라 할 수 있다. 다만, 아직까지는 각 재료별 속성을 알 수가 없기 때문에 처음 시공하면서부터 시설물의 속

성을 시기별로 기록해 나가야 할 것이고 그에 따라 비용분석이 이루어져야 할 것이다. 비용분석의 일반적인 체계를 제시하면 다음 [그림 4-2]와 같다.



[그림 4-2] 비용분석 체계도

4.3 시인성 기준 상향 조정

노령운전자가 크게 증가되고 있다. 노령운전자는 더 높은 시인성을 필요로 하기 때문에 노령사회에 대비하여 야간 반사성능을 더 높힐 필요가 있다. 다음은 여러 연구 결과와 EU 기준을 고려하고 반사성능의 수준을 정하였고 계약방법과 연계하여 측정시기를 제시하였다. 주요사항으로는 가로등이 있는 경우와 없는 경우를 구분하였고 또한 표지병과 병설시에는 초기 설치 성능값의 1/2까지 허용하는 것으로 하였다. <표 4-2>

<표 4-2> 반사성능 기준 개선(안)

단위 : mcd/m² · Lux

입사각	관찰각	구분	반사성능				비고
			백색		황색		
			가로등 있음	가로등 없음	가로등 있음	가로등 없음	
88.76°	1.05°	설치 후 6개월	120	180	110	160	노령운전자 고려
		제도색 시기	60	110	50	90	EU참조

- 주1) 「제도색 시기」는 반사성능의 값이 기준치 이하일 때 제도색 시점
 주2) 표지병 병설시에는 기준값의 1/2로 한다.
 주3) 위 기준은 설치기술 및 유리알 생산기술의 개선에 따라 조정할 수 있다.

4.4 계약방법 개선

노면표시 재료에 대한 보증문제는 계속 증가추세에 있다. 반사기능은 노면표시의 모든 효과의 척도가 된다. 그러나 모든 노면표시에 제공되는 것들을 시험하기에는 비용과 시간적으로 매우 어렵다.

계약에 있어서는 기술능력 있는 업체의 선정은 당연한 것이고 계약조건상 보증이 필요하다. 많은 제품들이 개발되고 있고 그에 따른 구성성분이 모두 다르기 때문에 궁극적인 차선의 기능 확보를 위해서는 업체가 품질을 보증할 해야 할 것이다. 품질을 보증하는 방법은 요구되는 시인성을 언제까지 유지할수 있도록 계약조건상에서 명기하고 이를 이행하지 않을 시에는 보증보험 등을 통해 하자보수 혹은 재시공으로 시공자에게 패널티를 물리는 방법이 고려될 수 있다.

이와 아울러 공사비용도 실제적인 시공이 될 수 있도록 원가계산을 통한 품셈개발이 이루어져야 할 것이다. 제품보증과 함께 실제적인 공사비용으로 계약된다면 부실시공이나 시인성문제에 있어서는 크게 개선될 수 있을 것으로 사료된다.

4.5 악천후 시 시인성 개선을 위한 조치

4.5.1 지침 개선

악천후 시 표지병의 이점에 대해서는 앞에서 많이 논의 되었다. 그리고 표지병 이외의 돌출형 노면표시나 기타 개발품들은 악천후 시에는 표지병의 성능에 미치지 못하였다. 표지병의 적용에 있어서는 노면표시 설치관리 매뉴얼 상에도 차선에 표지병 설치 가능토록 정해져 있다. 다만 실무차원에서 현재 사용되는 표지병이 이탈시 교통안전에 위협한 부분이 있기 때문에 설치를 기피하고 있을 뿐이다. 또한 일반 표지병 뿐만 아니라 제설가능 표지병, 발광식 표지병, 등에 대해서도 지침에는 없지만 설치 가능성은 열어 두어야 할 것이다.

따라서 현재 국내외를 불문하고 개발되어있는 공법에 대해서는 모두 설치 가능토록 제안한다. 다만 부분적인 제한을 둔다면 성능과 규격이다.

여기서 현행 기준에서 설치가 어려운 것은 발광형 표지병과 제설가능한 표지병이다. 이들의 규격과 기준의 설정은 다음 연구 과제로 미룬다. 제설가능 표지병과 제설차량에 대해서는 더 많은 연구가 필요하다.

4.5.2 연구 개발

연구개발이 필요한 부문은 다음과 같다.

1) 발광형 표지병

- 밝기 기준 : 발광형 표지의 경우 눈부심(Glare)을 방지하기 위해 최대 광도의 한계에 대한 기준이 없는 실정으로 추후 연구가 필요하다.

- 규격 : 발광형 표지병은 태양광을 이용하거나 내부적인 파워를 인입해 올 경우 지속적인 기능을 유지하기 위해서는 안전성이 검토되어야 한다. 또한 발광형의 경우 주로 안개시 등 악천후에 효과가 많기 때

문에 안개의 농도 등에 따라 광도의 크기를 조정할 수 있도록 가 가변성이 발광형 표지병의 개발도 필요하다.

2) 제설 가능한 표지병

제설가능한 표지병에도 여러 형태가 있고 외국에서는 성능과 제설 기능에 관한 연구가 수행된 바 있다. 그 결과 제품에 따라 제설 기능의 차이가 크게 나타났는데, 적용을 위해서는 기능에 문제가 없는 규격의 제시가 필요하다.

3) 제설 차량의 삼날 개선

제설차량은 개발이후 수요가 한정되어 있어 민간에서 개발은 어려울 것으로 사료된다. 표지병이나 노면표시 재료 및 시공법에 대해서는 기준이나 규격이외의 신 개발품에 대해서는 민간주도로 이루어지는 것이 효율적이다. 사용자 입장에서는 민간 개발을 유도할 필요가 있다. 민간 개발을 유도하기 위해서는 인증된 제품에 대한 인센티브를 주는등 적극적인 지원이 필요하다.

4) 저렴하고 내구성 있는 공법의 지속적 개발

표지병 이외에도 평면상에서 기능을 유지할 수 있는 공법의 지속적 개발이 요망된다.

4.6 기술교육 및 정보교류

4.6.1 업체 및 기술자들의 기술교육

차선공법은 나날이 발전되고 있다. 현장에서 필요로 하는 기술을 전

파하기 위해서는 정기적인 교육이 필요하다고 본다. 최소한 공사가 없는 기간인 동절기에 1회 정도 전문가들의 강의를 듣도록 하여 필요한 시간을 이수한 기술자만 현장에서 공사를 할 수 있도록 지침을 제작하는 방법을 제안한다.

4.6.2 관리자 및 업체 책임자 정보교류

지방자치단체의 담당 관리자간에 정보교류를 위해 워크숍 등을 정기적으로 개최하고 기술정보를 교류하는 방법을 제안한다.

제5장 결론 및 제언

제5장 결론 및 제언

도로차선의 야간시인성은 당시의 기술수준과 적절한 관리를 통해 그 기술의 적용과 운영을 통해 개선될 수 있다.

본 연구에서는 관련 연구를 찾아보고 공법의 특성 기술동향분석등 탐색적 연구방법으로 교통사고감소를 위한 차선 시인성 개선 방법과 약천후시 차선시인성에 대해 고찰해 보았다. 또한 시사점과 개선방향을 제시하였고, 그에 따른 개선 방안을 제시 하였다. 주요개선방안은 장소별 공법적용(안)과 도료형 공법의 시인성 기준(안)의 제시다.

본 연구의 한계는 일부 중복된 내용도 발견되며 무엇보다 실증적 연구가 뒷받침되지 않아 객관성 확보에 한계가 있을 것이다. 그러나 실증적 연구와 제설가능한 표지병 개발 등에 대해서는 차후에 반드시 수행할 과제로 남겨 두고자 한다.

참고문헌

- 건설기술연구원, 도로차선 반사기준 보완 연구, 2006
- 경찰청, 노면표시 설치·관리 매뉴얼, 2005
- 경찰청, 교통안전시설실무편람, 2000
- 건설교통부, 2002 도로교통량통계연보, 2003
- 도로교통공단, 도로노면표시의 야간시인성분석, 2007
- 한국도로공사, 교통사고와 차선반사도, 2003
-
- Allen et al, Driver's Visibility Requirements for Roadway Delineation,
Vol 1, FHWA, 1977
- Abbound & Bowman, Establishing a Crash-Based Retroreflectivity
Threshold, TRB 2002
- ASTM D 6359-99, Standard Specification for Minimum
Retroreflectance of Newly Applied Pavement Marking Using
Portable Hand-Operated Instruments
- BS, Road Marking Materials, 1998
- CEN EN 1436, Road Marking Materials, 1997
- CIE, Guide to the Properties and Uses of Retroreflectors
at Night, 1987
- CIE, Retroreflection: Definition and Measurement, 2001
- CIE, Road Surface and Lighting, 1983
- CIE, Road Surface and Road Marking Reflection
Characteristics, 2001
- CIE, Visual Aspects of Road Markings, 1988
- FHWA, Minimum Maintained Retroreflectivity Guide Lines,
2002
- FHWA, Cost effectiveness techniques for highway safety, 1985
- FHWA, Roadway Delineation Practices Handbook, 1993

Graham et al, Pavement Marking Retroreflectivity requirements for Older Drivers, TRR 1529

Kalchbrenner, Signing and Marking Materials, TRB 2000

Kalchbrenner, Large Glass Beads for Pavement Markings, TRR 1230

James Migletz et al, Field Surveys of Pavement-Marking Retroreflectivity, TRR 1657

Schertz, Status of Retroreflectivity Standards, FHWA 2000

J.L.Ethen & H.L.Woltman, Minimum retroreflectance for nighttime visibility of pavement marking, TRR, 1093, 1991

Johnny R. Graham and L. Ellis King, Retroreflectivity Requirements For Pavement Markings, TRR 1316, 1990, pp. 13-23

TRB, Long-Term Pavement Marking Practices, 2002

Parker et al, Evaluation of the Performance of Permanent Pavement Markings, TRB 2003

Paniati & Schwab, Research on the End of Life for Retroreflective Materials, TRR 1316

Traffic Control Devices Handbook, ITE 2001

US Army Engineer, User's Guide: Pavement Markings, 1992

Ronald B. Gibbons, Ph.D. 외 1명. WET NIGHT VISIBILITY OF PAVEMENT MARKINGS: FINAL CONTRACT REPORT, 2004

Neville A. Parker 외 1명, Evaluation of Performance of Permanent Pavement Markings, 2003

Finley, M.D., Carlson, P.J., Trout, P.D., and Jasek, D.L., Sign Placement Marking Visibility From the Perspective of Commercial Vehicle Drivers, 2002

Zwahlen & Schnell, Visibility of New Centerline and Edge Line Pavement Markings, TRR 1605, 1997

<http://www.freepatentsonline.com/6050742.pdf>

http://www.virginiadot.org/vtrc/main/online_reports/pdf/96-r2.pdf

[http://www.aot.state.vt.us/matres/Documents/ACROBAT.pdf/
R&DDox/AOT_Evaluation&ComparisonSnowplowableRaised
PavementMarkingsSRPM.pdf](http://www.aot.state.vt.us/matres/Documents/ACROBAT.pdf/R&DDox/AOT_Evaluation&ComparisonSnowplowableRaisedPavementMarkingsSRPM.pdf)

부록 : 부착식 표지병의 접착제

부록 : 부착식 표지병의 접착제

(부착식 표지병의 확대적용을 위해 표지병 설치지침에서 발취 수록)

가. 일반적인 시공법

표지병의 시공시 앵커가 없는 경우는 접착제를 사용하여 시공하는데 이때 접착제의 강도는 설치하려는 도로의 포장재의 전단력과 동일한 것이 이상적이다. 실제로 표지병의 시공시 자주 사용되는 에폭시수지의 경우 그 물리적인 강도는 포틀랜드 시멘트나 아스팔트 콘크리트의 강도보다 크다.

표지병의 시공시 주의해야 할 점은 접착제에 의해 결합될 포장면이 먼지, 경화물, 그리스(수지), 오일, 습기, 연약지반, 기타 접착에 악 영향을 주는 물질들로부터 영향을 받지 않아야 한다. 이를 위해서 와이어 브러시나 기타 도구로 먼지를 없애고 깨끗이 청소하여야 한다. 접착제를 표지병의 밑부분과 포장면위에 균등하게 도포하여 공극이 생기지 않도록 하고, 표지병을 설치 위치에서 살짝 눌렀을 때 약간의 접착제가 흘러나올 정도로 하며, 이론적인 양은 포장면 위로 대략 1.5mm 정도이다.

나. 에폭시수지 접착제를 사용한 시공

국내에서는 접착제에 대한 성분을 특별히 규정하고 있지 않다. 다만 표지병을 시공하는 업체에서 시방서에 따른 접착제의 사용이 언급되어 있을 뿐이다. 다음 표 5.16은 에폭시접착제의 성분을 나타낸 것이다.

<표 부록-1> 에폭시접착제의 성분

성분		구성
성분 A	에폭시 수지(EPON 828 또는 동등제품)	100.0
	티타늄 디옥사이드(Titanium Dioxide)	8.0
	No. 13 활석(滑石, talc)	37.0
성분 B	N-Aminoethylpiperazine	25.0
	Nonyl phenol	50.0
	활성(Fiberline C-400 또는 동등제품)	70.0
	Molacco Blank	0.12
	Cabasil(경화지연제)	0.5

자료출처: ASTM D 4383-01, Standard Specification for Plowable, RRPM

에폭시수지를 사용하여 접착하는 경우 표지병 가장자리로 나온 접착제, 포장면 위로 나온 접착제, 표지병의 노출면 위의 접착제등은 즉시 제거되어야 한다. 특히, 에폭시접착제에서 「성분 A」와 「성분 B」를 1:1의 비율로 혼합한 후 설치, 압축까지의 시간이 약 5분 안에 이루어져야 한다. 따라서 표지병 설치시 에폭시접착제의 양은 한 번에 설치할 적당량을 혼합해야 하고, 흘러나온 접착제는 미네랄수를 묻힌 천 조각이나 등유 등으로 제거하여야 한다. 그 외에 다른 용제를 사용해서는 안 된다. 접착제의 점도가 너무 커서 표지병에 작은 압력을 가하여도 접착제가 흘러나오지 않을 경우에는 접착제를 사용해서는 안 된다. 또한, 충분한 경화를 위해서는 외부의 충격으로부터 보호되어야 하고 이를 위해서 충분한 시간동안 차량의 소통에 의한 충격을 막아야 한다.

시공시 주의할 점으로는 접착제를 혼합하기전에 15~27℃를 유지해야 한다는 것이다. 에폭시접착제의 온도를 높여야 할 경우에는 간접적으로 높여야 하되 49℃이상으로 온도를 높여서는 안 된다. 또한 에폭시접착제로 표지병을 고정 시 주위의 온도와 포장노면의 온도는 적어도 10℃이상이어야 하며 그 이하일 경우에는 표지병을 설치해서는 안 된다. 또한 표지병 설치 시 충분한 양의 접착제를 사용하여 표지병과 구멍 사이로 물이 스며드는 것을 막을 수 있도록 하여야 한다.

에폭시접착제를 손으로 혼합하는 경우, 한번이 1리터이상 혼합해서는 안되며 혼합작업이 시작된 후 5분 이내에 표지병을 정렬하여 제 위치에 압착시켜야 한다.

에폭시접착제의 자동혼합 장비는 용적형 펌프(Positive Displacement Pump)를 사용하여 두 성분을 규정 비율로 $\pm 5\%$ 정도로 적절히 미터링할 수 있어야 한다.

다. 역청접합제를 사용한 시공

역청질 접착제는 광물성 첨가제를 균질 혼합한 아스팔트 재료이다. 역청접합제의 사용 계기는 좀더 저렴하게 표지병을 시설하기 위한 대안으로 제시 되었으며, 아스팔트 콘크리트 노면 및 시멘트 콘크리트 노면 등에 사용할 수 있다. 표지병의 가격이 고가인 관계로 표지병의 내구성을 향상시키기 위한 대안으로 역청접합제를 사용하게 됐다. 역청접합제로 시설한 표지병의 내구력은 에폭시수지를 사용하여 시설한 표지병의 내구력보다 2배 이상인 것으로 알려져 있다. 이러한 이유로 최근 미국에서는 에폭시접착제를 대체하여 역청접합제가 표지병 시공에 많이 사용되고 있는 실정이다.

사실 표지병의 유실은 표지병 자체의 문제라기보다는 포장면 내력의 문제이다. 포장면의 경화로 표지병의 접착에 더욱 강한 접착제가 필요하기 때문이다.

실제로 새로운 도로, 즉 경화되지 않은 도로에는 역청접합제의 사용이 효율적이지만, 도로가 오래되고 경화될수록 접착성은 감소한다.

역청접합제에 의한 시공의 경우 온도 조절장치에 의해 조정되는 에어 재킷형 혹은 오일재킷형 용융 장치(melter)를 사용하여 218℃이상에서 접합제를 추출하고 굳지 않도록 충분히 저어주어야 한다. 역청접합제는 표지병의 밑 부분보다 약간 큰 덩어리로 만들어 가능한 한 빠른 시간 내에 표지병의 하단에 떨어뜨린다. 대개 접착제 설치 시간은 5초 이내에 이루어져야한다. 그런 다음, 가볍게 압력을 주어 설치 위치에 고정시킨다. 접착제는 약 2분후에 경화되며 일반적으로 차량의 통행으로부터 완전 분리하여 보호할 필요는 없다. 도로 표면과 표지병 온도가 4.4~71℃의 범위일 때 시공하는 것이 가장 좋다.

다음은 미국 ASTM에서 규정한 역청질 접착제에 관한 사항으로 표 5.17은 역청질접합제의 일반적인 특성에 대해서 설명한 것이며, 표 5.18은 충전제 미혼합 재료 및 충전제 자체의 일반적 특성에 관한 것이며, 표 5.19는 충전제 분리 기술을 사용하여 확정한 충전제 특성에 관한 것이다.

<표 부록-2> 역청질 접합제의 일반적인 특성

특성	최소값	최대값	시험방법
연화점	93(210)	110(230)	D36
침투	10	18	D5
유속	-	5.1(0.2)	D3407,A1.1.4.1에서 변경
열안정성 유속	-	5.1(0.2)	A1.4.2와 동일
점도, 204	30	75	D2669,A1.4.3.에서 변경
인화점	228(550)	-	D92
바람직한 유동점	191(375)	204(400)	
사용수명, 년	-	2	

자료출처: ASTM D 4383-01, Standard Specification for Plowable, RRPM
 주) 고무상 중합체는 필요한 적용 온도가 분해를 야기하며 불만족스러운 성능을 나타낼 수 있기 때문에 함유되지 않을 수 있다.

<표 부록-3> 충전제 미혼합 재료 및 충전제 자체의 일반적 특성

특성	최소값	최대값	시험방법
침투	25	-	D5
점도	12	100	D2171
점도 비	-	2.2	A1.4.5.에서 설명한 바와 동일

자료출처: ASTM D 4383-01, Standard Specification for Plowable, RRPM

<표 부록-4> 충전제 분리 기술을 사용하여 확정한 충전제 특성

특성	최소값	최대값	시험방법
충전제 함량, 중량	65	75	A1.4.6.과 동일
충전제 분말도, 통과율			C430,A1.4.7.에서 변경
No.200	95	-	
No.100	100	-	
45 μ m(No.325)	75	-	C430
75 μ m(No.200)	95	-	C184
150 μ m(No.100)	100	-	

자료출처: ASTM D 4383-01, Standard Specification for Plowable, RRPMM

○ ASTM에서 규정한 역청질 접착제에 대한 시험 방법

- 1) 오븐 온도가 701 $^{\circ}$ C(1582 $^{\circ}$ F)이며 시료 준비는 시험 방법 D5에 따른 다는 점을 제외하고, 방법 D3407의 섹션 6 유속(Flow)에 따라 유속을 측정한다.
- 2) 샘플 페널(6.1)을 준비하기 전, 100g의 접착제를 뚜껑을 닫은 쿼트 캔(quant can)에 넣고 218 $^{\circ}$ C로 가열하며 이 온도에서 4시간 유지시킨다는 점을 제외하고, 방법 D3407의 섹션 6 유속(Flow)에 따라 열 안정성 유속을 측정한다.
- 3) 스피들 속도를 10rpm 으로 하여 시험 방법 D2669에 따라 점도를 측정한다. 접착제를 약 210 $^{\circ}$ C로 가열한 후 냉각시킨다. 2040.5 $^{\circ}$ C에서 점도를 측정한다.
- 4) 다음과 같은 추출법 및 Abson 회수법으로부터 얻은 재료의 베이스 아스팔트 특성을 측정한다. 접착제가 용이하게 유동하여 52~65 $^{\circ}$ C의 트리클로로에틸렌 400ml에 125-150g 이 이동할때까지 접착제를 가열함으로써 아스팔트를 추출한다. 이 혼합물을 침강 시킨후, 다음과 같이 변경시킨 시험방법 D1856에 따라 Abson 회수법을 사용하여 아스팔트를 회수한다. 시험방법 D1272의 추출법은 적용하지 않으며 용제 아스팔트 혼합물의 여과과정은 생략한다. 배치 원심분리기에서 중력의 770배로 최소 30분간 트리클로로에틸렌 및 아스팔트의 추출액을 원심분리시킨다. 충전제 침강물이 포함되지 않도록 주의하면서 이 용액을 증류 플라스크에 따른다. 열과 기포성 이산화탄소를 서서히 가하여 용액 온도를 149 $^{\circ}$ C로 한다. 이 때 이산화탄소의 유속을 800~900ml/min 으로 증가시킨다. 위와같은 이산화탄소의 유속을 최소 20분간 유지하고 트리클로로에틸렌의 증기가 증류 플라스크에서 완전히 제거될때까지 용액의 온도를 160~168 $^{\circ}$ C로 유지한다. 원하는 양의 아스팔트를 얻을때까지 위의 추출 회수법을 반복한다. 회수한 아스팔트를 사용하여 침투, 135 $^{\circ}$ C 점도 및 135 $^{\circ}$ C 점도비를 측정한다.
- 5) 박막 오븐 테스트(Thin-film Oven Test)전후의 베이스 아스팔트에 대한 13

5℃ 점도를 비교해봄으로써 135℃ 점도비를 측정한다. 실험방법 D1475에 따라 박막 오븐 테스트를 실시한다. 비중병(pycnometer)을 이용하여 시험방법 D70에 따라 박막 오븐 테스트에서 사용할 비중을 측정한다. 박막 오븐 테스트 후의 점도를 원래의 135℃ 점도로 나누어 줌으로써, 135℃ 점도 비를 산출한다.

- 6) 4)에 기술된 방법을 사용하여 분리된 데이터를 사용하여 충전제의 함량을 측정한다. 사용되는 샘플은 분리전의 것을 무게를 재서 사용한다. 분리된 충전제는 분리 후에 무게를 잰다. 이 차이에 의해서 역청질의 무게가 측정된다.
- 7) 분말도 측정은 시험방법 C430의 절차에 따라서 No.325 체를 사용하여 45 μ m 보다 입자가 작은 샘플을 대상으로 측정한다. 두 번째 시험방법은 150 μ m (No.100) 75 μ m(No.200)의 체를 통과하는 비율을 시험방법 C184에 따라서 측정한다.
- 8) 온도 측정은 ASTM D-01, 8장의 시험방법 D5에 따라서 60℃에서 측정한다.

<표 부록-5> 역청질접합제 측정조건

온도 (℃)	양 (g)	시간 (초)
60(140)	100	5

○ 포장 및 라벨링

포장 상자의 무게는 대략 25kg(55파운드)가 되는 것을 사용한다. 라벨에 제조업체명 및 주소를 포함시켜야 한다. 라벨에 고딕체로 “도로표지병용 역청질 접착제”라고 인쇄한다.

라. 접착제를 이용하여 표지병을 설치할 수 없는 경우

에폭시접착제 중에서 Rapid Set 에폭시를 사용하는 경우에는 도로 혹은 대기온도가 0℃이하일 때, Standard Set 에폭시를 사용하는 경우에는 10℃이하일 때, 역청질접착제를 사용하는 경우에는 4.4℃이하일 때는 표지병을 설치해서는 안된다.

또한 대기의 상대습도가 80%이상일 경우 및 도로의 표면이 완전히 건조되지 않은 경우에는 표지병을 설치하여서는 아니되며, 신설된 아스팔트 콘크리트 도로의 경우 최소 14일 정도(영국 BS에서는 6-8주) 차량통행이 있는 후에 표지병을 설치하여야 한다.

마. 기타

미국등에서 사용되는 표지병 중에는 자체에 접착제를 가지고 있는 표지병이 있다. 표지병의 포장면과의 접합부분에 부틸화합물의 일종인 물질이 접합체로 발라져 있어 별도의 접착제없이 포장면에 바로 접합시킬 수 있는 표지병이다. 이런 종류의 표지병은 우회도로 같은 곳에 적합하고 설치와 유지시 별도의 장비가 필요없으므로 설치 및 유지관리가 손쉬운 장점이 있다.

일반적인 설치절차는 기존의 에폭시수지를 사용한 표지병과 마찬가지로 포장면을 청소한 뒤 표지병 접착면의 보호면을 제거한 뒤 접합한다. 이때 약 680kg의 무게로 6초간 압력을 주어 접착시킨다.

교통사고 감소를 위한 차선 시인성 개선 연구

발 행 인 : 도로교통공단 이사장 정봉채

발 행 처 : 도로교통공단 교통과학연구원

서울특별시 중구 왕십리길 160(신당동 171)

TEL : 02) 2230-6114(대)

FAX : 02) 2230-6309

홈페이지 : <http://www.rota.or.kr>

인쇄일자 : 2009. 12.

발행일자 : 2009. 12.

인쇄처 : (주)금하기획

