

차선재료의 내구성 향상을 위한 내마모성 시험 적용 연구

Abrasion-Resistant Road Markings for Improved Durability Lane to Wear Simulators Test

이 창근 Lee, Chang Geun | 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 차장 (E-mail : chem@ex.co.kr)
박진환 Park, Jin Hwan | 부경대학교 공업화학과 교수 (E-mail : jhpark@pknu.ac.kr)
오흥운 Oh, Heung Un | 정회원 · 경기대학교 도시교통공학과 조교수 (E-mail : ohheung@kyonggi.ac.kr)

ABSTRACT

There is the uncertain period of the construction in case of the products meeting the quality standard of KS M 6080, the quality is degraded because of the abrasive loss of the paint caused by vehicle tires as the traffic amount increases and of the loss and detachment of the glass beads providing the retroreflective function. The abrupt degradation of visibility causes the high frequency of traffic accidents at night and increases the traffic accident rate. Additional supplementary construction induces the direct material and construction costs. As the more cost induction effect than the direct cost, the traffic jam caused by the additional construction increases the indirect social costs such as time cost and vehicle cost. Hence, the study is concerned with performing the abrasion resistance test based on the EN 1436 standard to check and improve the quality of various road marking materials resulting in improving the durability of road marking materials. However, even though the difference in the durability lifetime of resins(binders) is bibliographically or theoretically clear, there was no difference in the durability lifetime (retroreflectivity aspect) of the road marking paint using these binders. The reason is that the bonding of beads was very insufficient or that the cross density caused by crack or freshness was low. Moreover, the measured wet retroreflectivity was distributed as the Rw3 or higher class in average on the basis of EN 1436 but was very insufficient on the basis of the minimum wet threshold retroreflectivity with 100mcd/(m² · lx) managed overseas.

KEYWORDS

road marking materials, abrasion resistance, visibility, retro-reflective function

요지

도로표지용 도료의 품질기준은 KS M 6080의 품질기준을 만족하는 제품들의 경우에도 시공 후 일정기간이 경과한 후에는 도로 자체의 부착력 문제로 교통량 증가에 따른 자동차 차륜에 의한 도로 자체의 마모 손실에 의하여 재귀반사 기능을 부여하는 유리알의 마모 및 탈리로 시인성이 급격히 저하되고 있다. 이에 따른 야간 교통 사고율 증가와 동시에 추가 교통 안전을 위한 부가 보완시공으로 안전시설 제비용이 직접비용으로 유발되고 있으며, 직접비용보다 추가공사로 인한 교통체증으로 사회간접 비용이 증가되고 있다. 특히, 차선의 품질 규격이 KS M 6080 제품에 만족한다 하더라도 빗물의 수막(水膜)에 의한 유리알의 굴절을 차로 재귀반사기능을 하는 차선 도료용 유리알의 기능을 발휘하지 못하여 운전자의 시인성은 열악함을 알 수 있다. 따라서, 국외에서 많이 사용되고 있는 마모성이 우수한 수용성 차선도료, 고성능 융착식 도로, 상온경화형 도료를 도입하여 성능을 비교·검토하였다. 본 연구에서는 차선재료의 내구성 향상을 위해 EN 1436규격에 의한 내마모성 시험을 수용성, 융착식, 상온경화형 도료에 실시하여, 재귀반사도 성능이 우수한 차선재료의 적용 가능성을 확인하였다.

핵심용어

차선 도료, 마모 저항성, 차선 시인성, 재귀반사성능

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

도로표지용 도료의 품질기준은 KS M 6080의 1종, 2

종, 3종, 4종으로 차선 도료의 종류에 따라 구분되어 있으며, 색상도 흰색, 노란색, 파란색으로 구분되어져 있다. 이들 차선은 결국 주간뿐만 아니라 야간에도 운전자

에게 명확하게 보여 본래의 기능을 발현해야 하지만, 주간에는 가시광선 영역에서 명확하게 차선을 인지할 수 있지만 야간에는 조명이 없기 때문에 명확하게 차선을 운전자가 인지할 수 없다. 따라서, 차선 도로의 표면에 글라스비드(유리알)를 포설함으로써 자동차의 전조등에 의해 빛이 운전자로 되돌아오게 하여(재귀반사, Retroreflective) 야간 시인성을 높이는 그림 1과 같은 차선 구조를 갖는다.

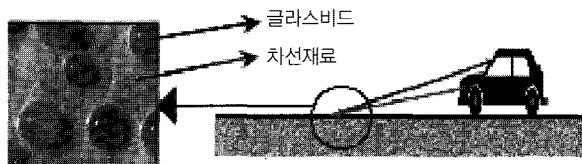


그림 1. 차선의 구조

그러나, KS M 6080의 품질기준을 만족하는 제품들의 경우에도 시공 후 일정기간이 경과한 후에는 AADT증가에 따른 자동차 차륜에 의한 도로 자체의 마모 손실과 재귀반사 기능을 부여하는 글라스 비드의 마모 및 탈리에 의한 품질이 급격히 저하됨에 따라 야간 교통사고의 빈도가 커져 교통 사고율이 높아짐과 동시에 추가 보완시공으로 인한 재료 및 시공의 제비용이 직접비용으로 유발되고 있다. 특히, 우천시 야간에 차선도로의 품질 규격이 KS M 6080에 만족한다 하더라도 빗물의 수막(水膜)에 의해 재귀반사기능을 발휘하지 못하여 안전에 많은 문제점을 야기 시키고 있음에도 불구하고, 국내는 이러한 우천시 야간 재귀반사도(Wet-night Retroreflectivity) 규격이 제정되어 있지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 차선재료의 내구성 향상을 위해 EN 1436규격에 의한 내마모성 시험을 실시하여 각종 차선재료의 품질을 확인하여 개선하고자 한다.

1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 차선재료의 내마모성 확인을 위하여 현재 생산중인 국내 제품 및 새로 개발된 제품에 대하여 EN 규격의 시험방법을 통하여 품질시험을 실시하여 각종 차선재료의 품질을 확인하였다.

- 1) 국내외 현황 및 규격(EN 1436, EN 1871, EN 12802, EN 13197) 분석
- 2) 차선재료별 특성 조사
 - (1) 일반 도로표지용 도로 (KS M 6080 규격에 적

합한 도로(1종~4종))

- (2) 고성능 용착식(Thermoplastic) 도로
- (3) 상온 경화형(Cold Plastic) 도로

3) 차선재료별 내마모성 시험 실시

2. 차선재료의 특징

2.1. 국내·국외 현황

2.1.1. 차선재료

차선재료는 30여 년간 고분자 산업에 있어 가장 보편화되어 있으며 활발한 연구가 진행 중인 재료 중의 하나이다. 그러나 현실적으로 도로와 코팅제에 대한 개발 회사들의 관심과 노력이 집중되고 있으나 시장이나 추세를 읽지 못하여 국내의 상당한 시장이 외국기업에 의해 크게 잠식되고 있는 상태이다. 선진 외국회사 원료들의 배합 기술 수준을 넘어서 앞선 형태의 제품 개발을 위한 시도들이 점차로 진행되고 있다.

2.1.2. 차선재료의 구성

차선재료의 구성성분은 수지, 안료, 용제, 첨가제로 나눌 수 있다. 수지는 도로의 구성성분 가운데 기본적인 성분으로 도막의 최종성능인 화학적, 물리적 기능을 좌우하게 된다.

2.1.3. 연구 개발 동향

도로는 건조과정에서 VOC(휘발성 유기화합물)를 다량 방출해 새집증후군과 대기오염을 일으킨다는 의식이 확산되고 있다. 이에 따라 환경부가 2005년 7월부터 국내 최초로 도로에 대한 VOC 함유기준을 설정하여 시행하면서, 용제(VOC 원인물질)를 다량 함유하는 기존의 용제형 도로를 대체할 친환경 무공해 도로로서 수용성 도로가 각광을 받고 있다. 수용성 도로는 용제가 아닌 물을 용매로 사용하기 때문에 VOC 함유량이 용제형 도로에 비해 훨씬 적고, 냄새가 없는데다 화재의 위험도 없어 일반인들도 손쉽게 다룰 수 있다. 이렇듯 환경규제에 발맞추어 수용성 도로가 주목을 받고는 있으나, 칠작업 결과물인 도막의 외관과 내구성이 아직은 용제형 도로에 비해 떨어지는 단점이 있다. 더불어 선진국의 VOC(휘발성 유기화합물)에 대한 규제가 강화되면서 이에 대한 요구에 의해 큰 규모의 업체 주도로 개발이 진행되고 있다. 이러한 요구에 의해 계속하여 연구되어야 하기 때문에 비용제성 도로인 분체도로와 함께 앞으로의 페인트 산업을 대표할 기술이다. 이러한 비용제성 도

료의 하나인 수용성도료의 지속적인 발전을 위해서는 기존 용제형 도료에 적용되던 여러 장점들을 만족하기 위해 연구가 진행 중이다. 여러 기술이 합쳐져 있는 분야이기 때문에 적합한 수용성수지의 합성 및 공정개발, 분산기술, 도료배합기술, 도장기술과 기능성 향상 등에 연구의 초점이 맞추어져 있으며 그중에서도 특히, 국내의 경우에는 선진기업보다 뒤떨어진 수지의 합성기술 및 이의 도장기술 개발에 힘쓰고 있다.

2.2. 차선재료의 요구사항

교통안전시설의 시인성에 영향을 주는 요소들로는 반사성능, 색, 크기, 형태 등이 있으나, 차선재료에 있어서는 반사성능이 수명에 가장 영향을 미친다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 기존의 도로표지용 재료와 새로 개발되고 있는 고성능 용착식 재료 및 상온 경화용 도료의 품질확인을 위한 기본 물성시험과 더불어 차선재료의 내구성을 대상으로 하였다.

2.2.1. 반사성능

차선은 도로 구조를 보존하고 도로 교통의 안전과 원활한 소통을 도모하는데 필요하며, 안전 표시를 보완하거나 혹은 단독으로 운전자에게 규제 또는 지시 등의 정보를 전달하여 도로상의 선형 유도도 운전자가 안전하게 차량을 운행하기 위해 필요로 하는 시각적 정보를 사전에 제공하는 데 있다. 이러한 차선의 기능은 주간 뿐만 아니라 야간에도 유지되어야 하는 핵심 요소이다. 따라서, 차선은 운전자에게 자연광 혹은 조명에 의해 발현되는 칼라로 시각 정보를 제공함에 있어서 칼라를 나타내는 각종 안료(Pigment) 특히, 흰색, 황색 및 청색 안료를 사용하여 이들 안료를 도로 노면에 접착 및 도장이 가능하도록 바인더에 분산시킨 칼라 페인트로 시공 표시된다. 이러한 칼라 발현 차선을 포함한 모든 사물은 태양광 혹은 조명 등의 광원으로부터 조사된 입사광이 그림 2에서와 같이 사물의 표면에서 4가지 타입의 반사(Reflection)가 일어난다. 즉, 확산반사(diffuse reflection), 정반사(Specular reflection 혹은 Mirror reflection), 혼합반사(Mixed reflection), 재귀반사(Retroreflection)로 대별된다.

일반 페인트 등은 주로 빛을 받은 표면이 확산 반사와 일부 혼합 반사가 일어나며, 차선 재료의 경우에도 주간에는 일반 페인트와 같은 거동을 하게 되어 운전자에게 확산반사와 혼합 반사에 의한 시인성을 부여한다. 그러나 재귀반사를 일으키는 글라스비드가 포설되어 있지

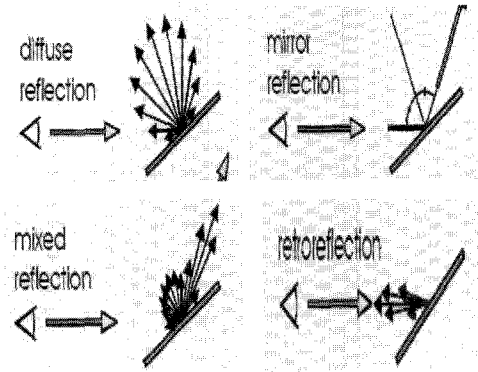


그림 2. 광원의 반사 종류

못할 경우 야간에도 주간과 마찬가지로 확산 반사와 혼합 반사만 형성되어 운전자가 주행 시 약 30미터 전방의 차선을 명확하게 인지하지 못하기 때문에 야간 시인성이 매우 취약하게 되어 교통사고 유발 가능성이 높게 된다. 한편, 우천 시에는 빗물에 의해 형성된 수막(水膜)이 빛을 전반사시키기 때문에 일반 페인트의 경우 거의 시인성을 상실하게 되어 버린다. 따라서, 주간뿐만 아니라 야간에도 차선의 시인성을 확보하기 위해서는 투명한 구형의 글라스비드를 포설하여 그림 3에서와 같은 원리에 의해 자동차 전조등부터 조사된 조사광이 운전자에게로 다시 돌아오게 함으로써 이른바 재귀반사(再歸反射, Retroreflection)되게 하여 차선의 시인성을 향상시킴으로써 야간 운전 안전성을 부여하고 있다.

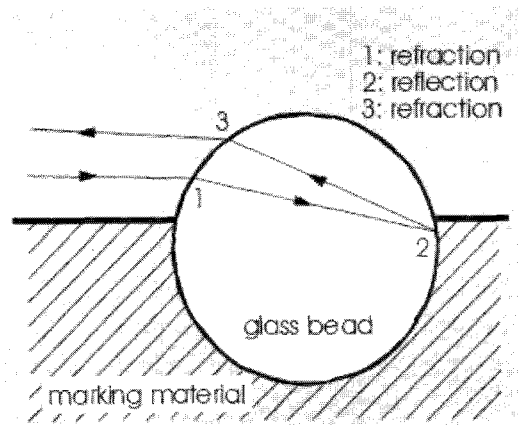


그림 3. 재귀반사의 원리

차선재료는 주·야간 특히 야간에도 도로이용자에게 정확한 정보를 제공하기 위하여 일정한 수준의 반사성능을 유지하여야 한다. 차선재료의 야간반사성능이 좋지 않으면, 운전자에게 잘못된 도로선형 등의 정보가 제공되어 운전자의 실수를 유발하며 이는 교통사고의 원인이 될 수 있다. 차선재료의 시인성과 관련한 기준치는 차량의 전조등에 반사되는 입사면의 재귀반사명시도를

주로 사용한다. 입사각과 관찰각은 CEN EN 1436에 의거 통상 거리 30m에서 자동차의 전조등 높이 65cm, 운전자 눈의 높이 1.2m를 표준으로 하며 입사각은 88.76°이다. 다음 그림 4는 입사각과 관찰각의 설명 예시이다.

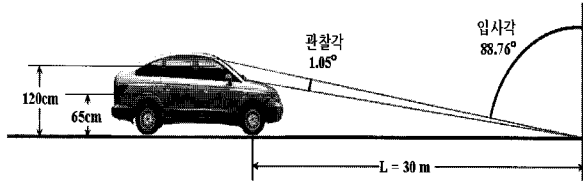


그림 4. 자동차의 입사각과 관찰각

2.2.2. 색상

색상의 경우, 장시간 설치로 인한 탈색으로 인해 시인성에 영향을 준다. 색상과 채도의 변화는 선명성이나 판독성의 저하를 초래할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 차선재료용 재료로 사용되는 색상별 시험을 통해 내구성 평가를 실시하였다. 차선재료는 도로교통의 안전과 원활한 소통을 도모하고 도로구조를 보존할 목적으로 설치되며, 교통안전표지 등 교통안전시설물과 유기적 결합을 통해 교통사고 예방 및 규제와 지시 등의 의무, 노면의 상태, 통행 방법 등에 대한 정보를 전달한다.

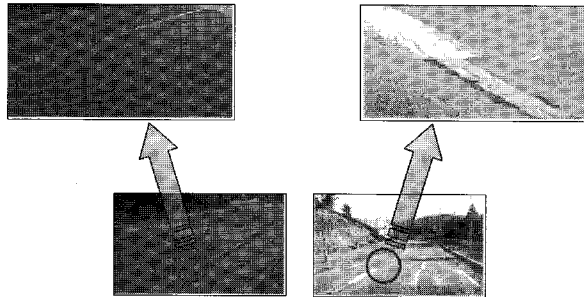


그림 5. 시인성이 저하된 차선

3. 내마모성 시험 결과

실물 내마모시험(wear simulators test)

- 시험 타이어 : 승용차용 타이어 또는 이와 동등한 것. 매 시험마다 새 타이어 사용
- 타이어 수 : 2개
- 바퀴에 가하는 하중 : 3,000N (±300N)
- 타이어 공기압 : 0.25Mpa(±0.02 Mpa)
- 지지 각도 : 0°(± 10') 이상
- 조향 각도 : alternating ± 1° 이상

- 회전 속도 : 평균 60km/h
- 운행 Cycle : 20만 회전에 도달할 때까지 건조된 시험판을 회전시킨다.
- 시험시간 대략 16h 시간마다 회전방향을 변경한다.
- 실험 온도 : +5℃ ~ +10℃

차선재료의 내구성 확인을 위하여 EN 1436:2007 규격에 의해 내마모성시험을 실시한 결과는 다음과 같다.

표 1. 수용성 차선재료(백색)

구 분 [mcd/(m ² · lx)]	P0	P1	P2	P3	등급
	0	5만회	10만회	20만회	
미끄럼저항 (SRT 단위)	60	60	57	57	S3
야간 재귀반사성(건조) RL	399	407	342	233	R4
야간 재귀반사성(젖음) RL	109	111	84	71	RW3
야간 재귀반사성(강우) RL	71	75	67	41	RR2
주간 재귀반사성 Qd	277	289	188	175	Q4
색도 (x,y)	x : 0.313		y : 0.333		Pass

표 2. 수용성 차선재료(황색)

구 분 [mcd/(m ² · lx)]	P0	P1	P2	P3	등급
	0	5만회	10만회	20만회	
미끄럼저항 (SRT 단위)	60	60	57	55	S3
야간 재귀반사성(건조) RL	341	352	284	162	R3
야간 재귀반사성(젖음) RL	106	111	82	38	RW2
야간 재귀반사성(강우) RL	55	57	45	32	RR2
주간 재귀반사성 Qd	205	211	157	132	Q2
색도 (x,y)	x : 0.483		y : 0.451		Pass

표 3. 수용성 차선재료(청색)

구 분 [mcd/(m ² · lx)]	P0	P1	P2	P3	등급
	0	5만회	10만회	20만회	
미끄럼저항 (SRT 단위)	53	52	52	52	S2
야간 재귀반사성(건조) RL	322	254	145	101	
야간 재귀반사성(젖음) RL	56	50	42	32	
야간 재귀반사성(강우) RL	37	33	30	25	
주간 재귀반사성 Qd	123	121	111	109	
색도 (x,y)	x : 0.212		y : 0.259		

표 4. 고성능 응착식 차선재료(백색)

구 분 [mcd/(m ² · lx)]	P0	P1	P2	P3	등급
	0	5만회	10만회	20만회	
미끄럼저항 (SRT 단위)	55	55	54	54	S2
야간 재귀반사성(건조) RL	362	319	272	265	R4
야간 재귀반사성(젖음) RL	195	142	125	66	RW3
야간 재귀반사성(강우) RL	77	64	53	31	RR1
주간 재귀반사성 Qd	227	215	205	199	Q4
색도 (x,y)	x : 0.320		y : 0.340		Pass

표 5. 고성능 응착식 차선재료(황색)

구 분 [mcd/(m ² ·lx)]	P0	P1	P2	P3	등급
	0	5만회	10만회	20만회	
미끄럼저항 (SRT 단위)	55	55	54	54	S2
야간 재귀반사성(건조) RL	235	216	178	156	R3
야간 재귀반사성(젖음) RL	82	73	63	50	RW3
야간 재귀반사성(강우) RL	47	42	35	31	RR1
주간 재귀반사성 Qd	136	130	129	117	Q2
색도 (x,y)	x : 0.484		y : 0.458		Pass

표 6. 고성능 응착식 차선재료(청색)

구 분 [mcd/(m ² ·lx)]	P0	P1	P2	P3	등급
	0	5만회	10만회	20만회	
미끄럼저항 (SRT 단위)	55	54	54	54	S2
야간 재귀반사성(건조) RL	197	154	145	132	
야간 재귀반사성(젖음) RL	101	89	53	45	
야간 재귀반사성(강우) RL	55	35	32	28	
주간 재귀반사성 Qd	101	95	88	81	
색도 (x,y)	x : 0.212		y : 0.272		

표 7. 상온 경화형 차선재료(백색)

구 분 [mcd/(m ² ·lx)]	P0	P1	P2	P3	등급
	0	5만회	10만회	20만회	
미끄럼저항 (SRT 단위)	55	55	54	54	S2
야간 재귀반사성(건조) RL	367	320	289	231	R4
야간 재귀반사성(젖음) RL	285	252	175	77	RW3
야간 재귀반사성(강우) RL	79	70	54	32	RR1
주간 재귀반사성 Qd	247	235	211	207	Q4
색도 (x,y)	x : 0.314		y : 0.333		Pass

표 8. 상온 경화형 차선재료(황색)

구 분 mcd/(m ² ·lx)	P0	P1	P2	P3	등급
	0	5만회	10만회	20만회	
미끄럼저항 (SRT 단위)	55	54	54	54	S2
야간 재귀반사성(건조) RL	240	221	189	169	R3
야간 재귀반사성(젖음) RL	81	75	64	51	RW3
야간 재귀반사성(강우) RL	48	43	35	32	RR1
주간 재귀반사성 Qd	136	134	132	127	Q2
색도 (x,y)	x : 0.514		y : 0.453		Pass

표 9. 상온 경화형 차선재료(청색)

구 분 [mcd/(m ² ·lx)]	P0	P1	P2	P3	등급
	0	5만회	10만회	20만회	
미끄럼저항 (SRT 단위)	53	53	53	53	S2
야간 재귀반사성(건조) RL	197	254	145	85	
야간 재귀반사성(젖음) RL	101	89	42	32	
야간 재귀반사성(강우) RL	55	35	32	25	
주간 재귀반사성 Qd	101	96	88	82	
색도 (x,y)	x : 0.206		y : 0.271		

4. 결과분석 및 고찰

내마모성 시험결과를 분석하기 위하여 차선재료별 재귀 반사 성능의 내구 수명을 추정하면 그림 6과 같다.

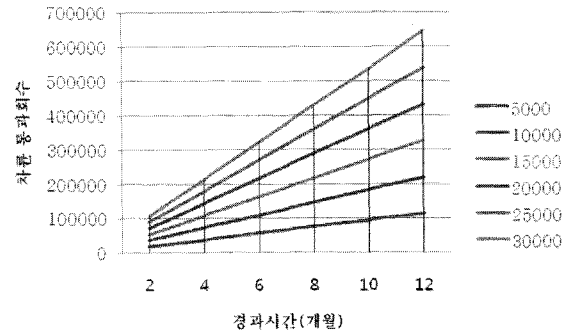


그림 6. AADT별 차선 통과 회수 대비 경과시간

그림 6의 국내 일반 도로의 AADT가 약 1,100대, 고속도로가 45,000대임을 감안할 때 평균적으로 AADT 15,000대를 기준으로 할 경우 본 내마모성 시험의 차선 통과 회수 200,000회의 의미는 경과시간이 약 7개월로 예측할 수 있다. 따라서 내마모성 시험의 시간 경과에 따른 재귀반사도의 변화는 7개월로 산정하여 수명을 예측할 수 있다. 따라서, 50,000회는 52일, 100,000회는 105일 그리고 200,000회는 210일로 환산하여 차선의 재귀반사 내구 수명을 해석하였다. 또한 재귀반사도 기준은 차량 운전 속도 80km/hr일 경우 최소 한계 재귀반사도로 추천된 150mcd/(m²·lx)와 최소 한계 wet 재귀반사도인 100mcd/(m²·lx)를 기준으로 삼았다.

4.1. 수용성 차선재료의 내구성 분석

4.1.1. 수용성 백색 내구 수명

수용성 백색 차선재료의 재귀반사도 내구 수명 평가 결과, Dry 재귀반사도의 내구수명 측면에서는 최소 한계 재귀반사도 150mcd/(m²·lx) 기준에서 약 210일(7개월)에서도 충분한 재귀반사 성능을 발휘하는 것으로 판단된다.

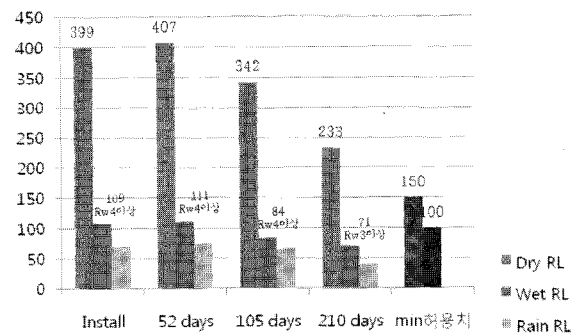


그림 7. 수용성 백색의 내구 수명

4.1.2. 수용성 황색 내구 수명

수용성 황색 차선재료의 재귀반사도 내구 수명 평가 결과는 급속한 감소 추세가 있었으나, Dry 재귀반사도의 최소 한계 재귀반사도 150mcd/(m²·lx) 기준에서 210일(7개월)에서도 충분한 재귀반사 성능을 발휘하는 것으로 판단된다.

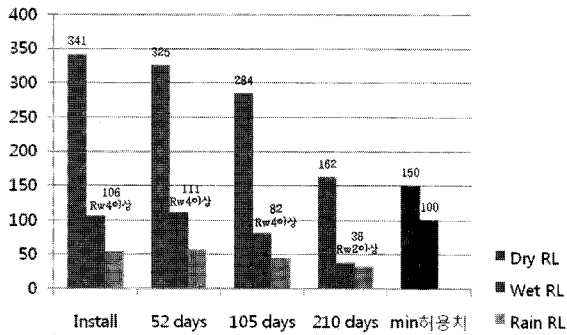


그림 8. 수용성 황색의 내구 수명

4.1.3. 수용성 청색 내구 수명

수용성 청색 차선재료의 재귀반사도 내구 수명 평가 결과는 급속한 감소 추세가 있었으며, Dry 재귀반사도의 내구 수명 측면에서 최소 한계 재귀반사도 150 mcd/(m²·lx) 기준에서 105일(3.5개월)정도로서 매우 열등한 것으로 나타났으며 이는 청색의 반사율이 낮기 때문으로 판단된다.

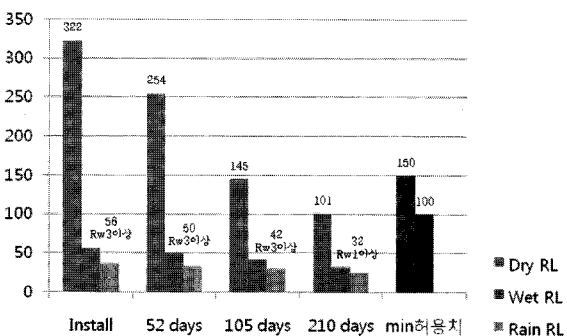


그림 9. 수용성 청색의 내구 수명

4.2. 고성능 용착식 차선재료의 내구성 분석

4.2.1. 고성능 용착식 백색 내구 수명

고성능 용착형 백색 차선재료의 재귀반사도 내구 수명 평가 결과는 비교적 안정적 감소 추세가 있었으며, Dry 재귀반사도의 내구 수명 측면에서 최소 한계 재귀반사도 150mcd/(m²·lx) 기준에서 약 210일(7개월)이상로서 양호한 것으로 판단되며 또한, Wet 재귀반사도도 EN 1436의 Rw3등급 이상으로 양호하였다.

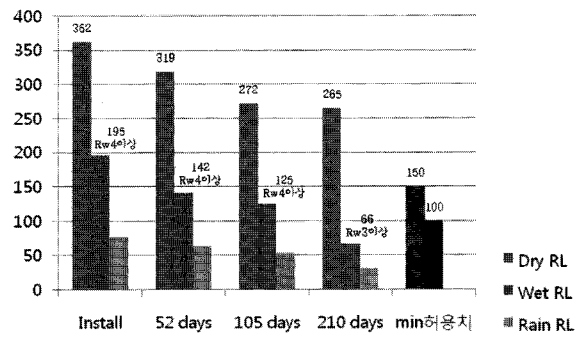


그림 10. 고성능 용착식 백색 내구 수명

4.2.2. 고성능 용착식 황색 내구 수명

고성능 용착식 황색 차선재료의 재귀반사도 내구 수명 평가 결과는 비교적 열등한 감소 추세가 있었으며, Dry 재귀반사도의 내구 수명 측면에서 최소 한계 재귀반사도 150mcd/(m²·lx) 기준에서 약 210일(7개월) 정도로서 고성능 용착식 차선재료의 내구 수명이 3년 이상인 외국 수준에 비하여 월등히 열등한 것으로 판단된다.

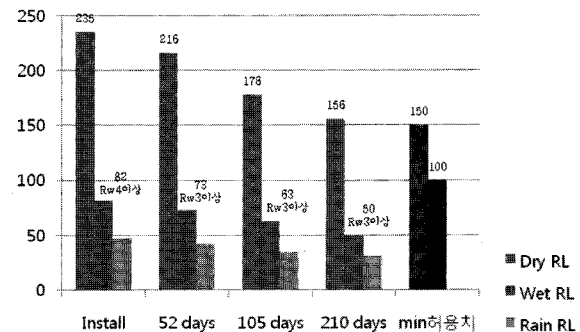


그림 11. 고성능 용착식 황색 내구 수명

4.2.3. 고성능 용착식 청색 내구 수명

고성능 용착식 청색 차선재료의 재귀반사도 내구 수명 평가 결과는 열등한 감소 추세가 있었으며, Dry 재귀반사도의 내구 수명 측면에서 최소 한계 재귀반사도

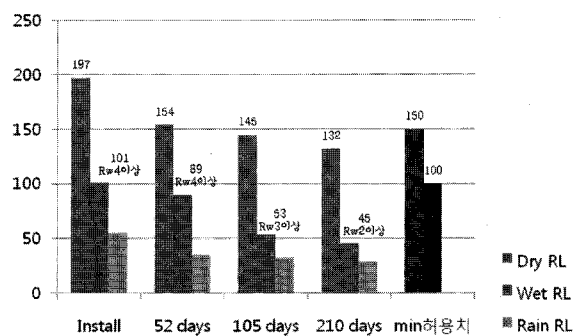


그림 12. 고성능 용착식 청색 내구 수명

150mcd/(m²·lx) 기준에서 52일(2개월)정도로서 고성능 용착식 차선재료의 내구 수명이 3년 이상인 외국 수준에 비하여 월등히 열등한 것으로 판단된다.

4.3. 상온 경화형 차선재료의 내구성 분석

4.3.1. 상온 경화형 백색 내구 수명

상온 경화형 백색 차선재료의 재귀반사도 내구 수명 평가 결과는 비교적 안정적 감소 추세가 있었으며, Dry 재귀반사도의 내구수명 측면에서 최소 한계 재귀반사도 150mcd/(m²·lx) 기준에서 약 210일(7개월)이상로서 양호한 것으로 판단되며 또한, Wet 재귀반사도도 EN 1436의 Rw3등급 이상으로 양호하였다.

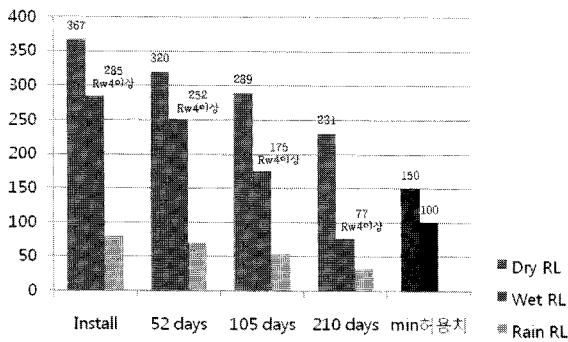


그림 13. 상온 경화형 백색 내구 수명

4.3.2. 상온 경화형 황색 내구 수명

상온 경화형 황색 차선재료의 재귀반사도 내구 수명 평가 결과는 비교적 안정적 감소 추세가 있었으며, Dry 재귀반사도의 내구수명 측면에서 최소 한계 재귀반사도 150mcd/(m²·lx) 기준에서 약 210일(7개월)이상로서 양호한 것으로 판단되며 또한, Wet 재귀반사도도 EN 1436의 Rw3등급 이상으로 양호하였다.

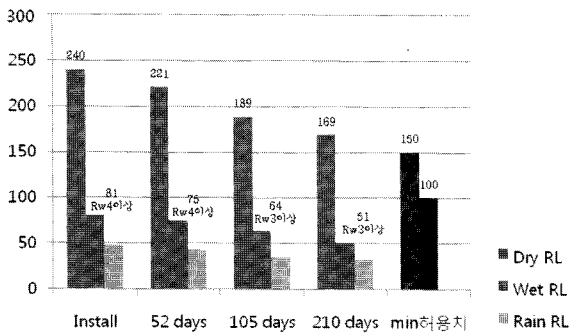


그림 14. 상온 경화형 황색 내구 수명

4.3.3. 상온 경화형 청색 내구 수명

상온 경화형 청색 차선재료의 재귀반사도 내구 수명

평가 결과는 열등한 감소 추세가 있었으며, Dry 재귀반사도의 내구수명 측면에서 최소 한계 재귀반사도 150 mcd/(m²·lx) 기준에서 105일(3.5개월) 이상으로써 열등한 것으로 판단되며 또한, Wet 재귀반사도는 초기에는 EN 1436의 Rw3등급 이상이었으나 급격히 감소하였다.

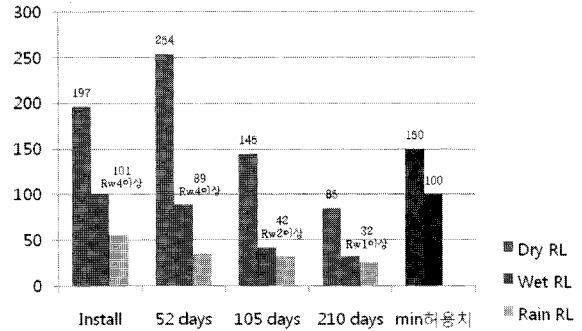


그림 15. 상온 경화형 청색 내구 수명

5. 결론

본 연구에서 차선재료별 내구성을 평가한 결과 차선재료의 내구 수명은 백색, 황색 그리고 청색 순으로, 즉 명도차이로 감소되었다. 또한, 비교적 내구성이 약한 수용성 차선재료(수성 아크릴 바인더 타입)가 높은 내구성을 나타내야 할 고성능 용착식 및 상온 경화형과 내구 수명이 크게 차이가 나지 않았다. 이는 수용성도료가 건조시 유리알의 상승되는 효과가 가장 이상적으로 거동된 것으로 판단되며, 국외에서 많이 사용되는 고성능 용착식, 상온경화형 도료의 시공 방법에서 기인한 것으로 판단된다. 이상의 평가 자료를 분석해보면 서론에서 서술한 차선재료별 성능 및 내구 수명에 관한 문헌적 조사와는 분명하게 국내 차선재료의 성능 및 내구 수명 거동이 뚜렷한 차이가 발견되었다. 즉, 국내 차선재료의 초기 재귀반사도는 국내 규격이 백색 기준으로 150mcd/(m²·lx) 이상을 요구하고 있으나 실제 본 연구 결과 250mcd/m²/lx 이상으로 나타나고 있어서 선진 기술과 차이를 나타내지 않았다. 그러나, 수지(바인더)자체의 내구 수명 차이가 분명한 데도 이들 바인더를 사용한 차선 도료의 내구 수명(재귀반사도 측면)이 전혀 차별성이 나타나지 않은 것은 아마도 유리알 자체 품질의 차, 결합력 부족, 크랙 혹은 미경화(未硬化)에 의한 가교 밀도(Cross density)가 낮았기 때문으로 판단된다. 또한, Wet 재귀반사도 측정 결과 EN 1436 기준으로는 평균 Rw3 이상 등급으로 분포되었으나, 외국에서 관리하고 있는 최소 한계 Wet 재귀반사도(Minimum Wet threshold Retroreflectivity) 100mcd/(m²·lx) 기준에는 매우 부

족한 것으로 판단된다.

따라서, 현재 사용하고 있는 굴절율 1.5의 유리알 이외의 물의 굴절율 1.3을 고려하여 굴절율 1.9, 굴절율 2.3 유리알을 적용하여, 우천시를 고려한 재귀반사도 검토가 필요하다고 판단된다.

참고 문헌

KS M 6080, 도로표지용 도료 (2008).

ASTM D 1214, *Standard Test Method for Sieve Analysis of Glass Spheres* (2004).

ASTM G 154, *Standard Practice for Operating Fluorescent Light Apparatus for UV Exposure of Nonmetallic Materials* (2004).

CEN EN 13459-3, *Road marking materials - Quality control - Part 3: Performance in use* (1999).

CEN EN 12802, *Road marking materials - Laboratory methods for identification* (2000).

CEN EN 1871, *Road marking materials-Physical properties* (2000).

CEN EN 1436, *Road marking materials-Road marking performance for road users* (2007).

CEN EN 13197, *Road marking materials-Wear simulators* (2001).

CEN EN 1824, *Road marking materials-Road trials* (1997).

David Brown, *Line marking standard-searching for best practice* (2004).

Neville A. Parker and Massawe S. J. Meja, *Evaluation of Performance of Permanent Pavement Markings, Transportation Research Record 1824* (2003).

Ronald B. Gibbons, *Wet Night visibility of pavement markings* (2004).

Zwahlen & Schnell, *Visibility of new centerline and edge line pavement markings, Transportation Research Record 1605* (1997).

접 수 일 : 2011. 6. 29

심 사 일 : 2011. 7. 5

심사완료일 : 2011. 8. 31