발 간 등 록 번 호
11-1613000-003457-01

차선 도색 유지·관리 매뉴얼







2023-12

국토교통부

머리말

밤길 운전 중 차선이 안 보여서 불안했던 경험이 누구나 한 번쯤 있을 것입니다. 도로 노면 위에 종방향으로 그려진 차선은 어두운 도로를 달릴 때 운전자의 주행 안정성과 시인성 확보에 중요한 역할을 하는데, 비 오는 밤만 되면 시야에서 차선이 사라지는 이른바 '안 보이는 차선'이 빗길 교통사고의 원인으로 지목되고 있는 실정입니다.

따라서, 국토교통부는 차선관리를 강화하기 위해 2020년부터 1년에 한 번씩 일반국도 전 구간에 대해 정기조사를 실시하고 있으며, 수집된 데이터는 차선관리시스템을 통해 체계적으로 관리하는 등의 노력을 하고 있습니다. 2020년에는 「차선도색 유지·관리 매뉴얼」을 발간하여 차선 시공관리와 운영에 대한 세부 기준을 마련한 바 있으며, 차선 관리자의 이해를 도모하고 구체적인 관리 방법들을 추가로 제시하고자 올해 이 매뉴얼을 전면 개정하게 되었습니다.

매뉴얼에서는 도료 및 유리알의 등급에 따라 차선 성능 기준을 다르게 제시하였으며, 시공 · 품질관리 방법에 대한 내용을 구체화하였고, 핵심 내용 및 기준 등의 내용들을 강조하였으며, 시험방법은 가능한 그림과 함께 설명하여 이해를 돕고자 하였습니다. 이외에도 그동안 사용되었던 부적합한 용어들을 의미에 부합되게 한글식 표현으로 변경하였습니다.

본 매뉴얼이 미래 자율주행자동차 운영과 향후 국내 차선관리 수준을 향상시키는데 도움이 되고 이와 함께 보다 더 국민이 생각하는 '안전한 도로'를 만들어 가는데 이바지할 수 있길 기대해 보며, 전면 개정에 참여한 한국건설기술연구원, 자문위원 그리고 관계 공무원 여러분의 노고에 깊은 감사를 표합니다.

2023년 12월

국토교통부 도로국장 **이 용 욱**

목 차

제1장 일반사항

1. 노면표시 정의 및 법적 근거 ····· 3
2. 노면표시 분류 ····· 4
3. 노면표시 선의 종류 및 특성 ····· 4
   3.1 선의 의미 및 구성 ····· 4
   3.2 선의 종류 및 규격 ····· 5
   3.3 노면표시 색 기준 ····· 7

제2장 노면표시 재료성능 기준

1. 개요 ····· 13
2. 노면표시 재귀반사도 기준 ····· 14
   2.1 재귀반사도 정의 ····· 14
   2.2 재귀반사도 측정방법 ····· 15
   2.3 재귀반사도 기준 ····· 17
3. 도료의 특성 및 기준 ····· 19
   3.1 도료의 종류 및 특성 ····· 19
   3.2 도료의 기준 ····· 22
   3.3 기타 기준 ····· 40
4. 유리알의 특성 및 기준 ····· 41
   4.1 개요 ····· 41
   4.2 유리알 제조방법 및 특성 ····· 41
   4.3 유리알과 도료의 관계 ····· 51
   4.4 유리알 시험방법 ····· 53
5. 노면표시 공용성능에 영향을 미치는 외부적 요인 ····· 56
   5.1 개요 ····· 56
   5.2 노면특성 ····· 56

5.3 교통특성 ····· 59
5.4 환경특성 ····· 59
6. 노면표시 재료 설계 ····· 60
6.1 재료 선정시 고려사항 ····· 60
6.2 도료 호환성 ····· 60
6.3 도료 설계조건 ····· 62

제3장 노면표시 구간 선정 및 시공

1. 개요 ····· 65
2. 노면표시 정기조사 및 재도색 구간 선정 ····· 66
2.1 노면표시 정기조사 ····· 66
2.2 재도색구간 선정 ····· 68
3. 노면표시 시공 및 품질관리 ····· 69
3.1 시공 안전대책 수립 ····· 69
3.2 시공장비 점검 및 캘리브레이션 ····· 73
3.3 시험도색 ····· 75
3.4 노면표시 시공 ····· 77
3.5 준공 · 하자검사 ····· 92

제4장 국도 차선관리시스템(PMMS) 운영방법

1. 개요 ····· 97
2. 차선관리시스템 운영 ····· 98
2.1 시스템 구성 ····· 98
2.2 시스템 운영 업무 체계 ····· 100
2.3 차선 재귀반사도 데이터베이스 구축 절차 ····· 101
2.4 보수이력 데이터베이스 구축 절차 ····· 102
2.5 시스템 연결 및 계정 ····· 102
3. 차선관리시스템 사용법 ····· 103
3.1 시스템 접속 ····· 103
3.2 조사 데이터 관리 ····· 105
3.3 보수 이력 관리 ····· 114
3.4 데이터 확인 ····· 122

부록 재귀반사도 측정 장비 운영 방법

1. 재귀반사도 측정 장비 종류 및 특징 ····· 137
2. 재귀반사도 측정 장비 검·교정 ····· 139
   2.1 일상 검·교정 ····· 139
   2.2 정기 검·교정(교정성적서) ····· 140
   2.3 이동식 측정 장비의 사용자 교육(권장) ····· 140
3. 이동식 재귀반사도 측정 장비 운영 방법 ····· 141
   3.1 측정 센서 장착 ····· 141
   3.2 DMI(거리 측정 장비) ····· 146
4. 장비의 교정 및 조정 ····· 151
   4.1 교정 ····· 151
   4.2 조정 ····· 156
5. 프로그램 운영 방법 ····· 161
   5.1 메인 페이지 ····· 162
   5.2 시리즈 페이지 ····· 165
   5.3 사용자 페이지 ····· 166
   5.4 로그 보기 페이지 ····· 167
   5.5 도구 페이지 ····· 169
   5.6 설정 페이지 ····· 170
6. 측정 데이터의 확인 ····· 172

제1장

일반사항

1. 노면표시 종류 및 법적근거
2. 노면표시 분류
3. 노면표시 선의 종류 및 특성

제1장 일반 사항

1 노면표시 정의 및 법적근거

노면표시(pavement marking)는 도로교통의 안전을 위하여 각종 주의 · 규제 · 지시 등의 내용을 노면에 기호·문자 또는 선으로 도로 사용자에게 알리는 표지이다[1]. 이에 노면표시는 교통안전표지 등 교통안전시설물과 유기적 결합을 통해 교통사고 예방 및 원활한 소통을 위한 규제와 지시 등의 의무, 노면의 상태, 통행방법 등에 대한 정보를 전달한다.

[도로교통법]

제4조

① 교통안전시설의 종류, 교통안전시설을 만드는 방식과 설치하는 곳, 그밖에 교통안전시설에 관하여 필요한 사항은 행정안전부령으로 정한다.

② 제1항에 따른 교통안전시설의 설치·관리 기준은 주·야간이나 기상상태 등에 관계없이 교통안전시설이 운전자 및 보행자의 눈에 잘 띄도록 정한다.

[도로교통법시행규칙]

제8조(안전표지) 제1항 5호(노면표시)

도로교통의 안전을 위하여 각종 주의·규제·지시 등의 내용을 노면에 기호·문자 또는 선으로 도로사용자에게 알리는 표지

제8조(안전표지) 제2항

② 제1항에 따른 안전표지의 종류, 만드는 방식 및 설치·관리기준은 별표 6과 같다.

1) 도로교통법 시행규칙 제8조 별표 6, p5.

2 노면표시 분류

노면표시는 규제표시와 지시표시가 있다.

○ 규제표시 : 도로의 교통안전, 소통 및 도로구조 보존과 관련한 각종 제한, 금지 등의 규제내용을 전달하는 표시이다.

- 선 규제
- 통행방법 규제
- 정차·주차 규제
- 노상장애물 규제

○ 지시표시 : 도로의 교통안전, 소통 및 도로구조 보존과 관련한 도로의 통행방법, 통행구분 등의 지시내용을 전달하는 표시이다.

- 유도지시
- 횡단지시
- 방향 및 방면지시
- 보호구역

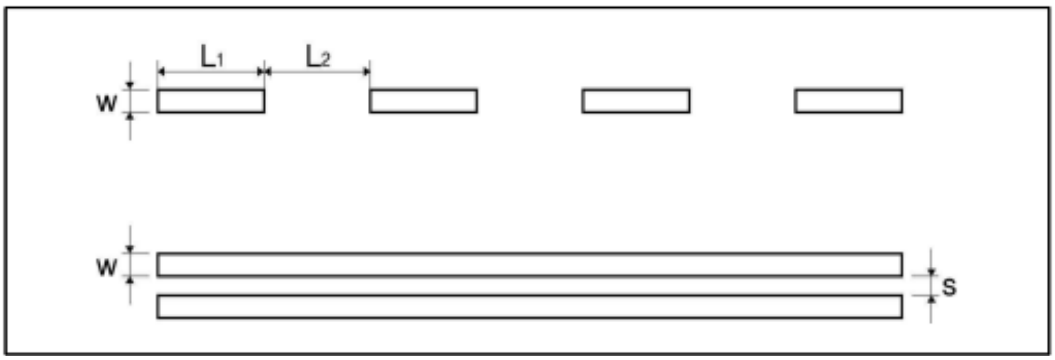
3 노면표시 선의 종류 및 특성

3.1 선의 의미 및 구성

노면표시에서 사용하는 선의 의미는 다음과 같다.

- 점선 : 허용 (예-유턴허용, 차선변경, 주차금지(정차허용))
- 실선 : 제한 (예-중앙선, 진로변경제한선, 주정차금지)
- 복선 : 의미의 강조 (예-중앙선, 주정차 금지)

노면표시에 사용하는 선은 점선, 실선, 복선으로 구분되며, 이들 각각은 선의 종류에 따라 도색길이(L_1), 빈길이(L_2), 너비(W), 간격(S)으로 구성된다. 도색길이는 노면표시 중 도색된 면의 길이를, 빈길이는 노면표시 중 도색되지 않은 면의 길이를 의미한다. 다음 〈그림 1.1〉은 선의 종류별 구성이다.



〈그림 1.1〉 선의 종류별 구성

3.2 선의 종류 및 규격

선의 종류는 중앙선, 유턴구역선, 차선, 전용차로선, 길가장자리구역선, 진로변경제한선, 정차 · 주차금지선, 유도선으로 구분되며, 선의 설치규격은 〈표 1.1〉[2]과 같다. 노면표시 설치규격은 도로교통법 시행규칙 별표 6을 따른다.

〈표 1.1〉 선의 종류 및 규격(경찰청, 2022)

(단위 cm)

선의 종류 \ 구 분			도로교통법 시행규칙	표 준		
				도시부 도로	도시부 외 도로	자동차 전용도로 (고속도로)
중앙선	실 선	너비(W)	15 ~ 20	15 ~ 20	15 ~ 20	15 ~ 20
	점 선	도색길이(L_1)	300	300	300	300
		빈길이(L_2)	300	300	300	300
		너비(W)	15 ~ 20	15 ~ 20	15 ~ 20	15 ~ 20

2) 경찰청(2022), "교통노면표시 설치·관리 업무편람", p9~11.

	복 선	너비(W)	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15
		간격(S)	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15
유턴 구역선	점 선	도색길이(L_1)	50	50	50	-
		빈길이(L_2)	50	50	50	-
		너비(W)	30 ~ 45	30 ~ 45	30 ~ 45	-
차선*	실 선	너비(W)	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15
	점 선	도색길이(L_1)	300 ~ 1,000	300	500	1,000
		빈길이(L_2)	(1~2) L_1	500	800	1,000
		너비(W)	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15
전용차로선	실 선	너비(W)	15 ~ 20	15 ~ 20	15 ~ 20	15 ~ 20
	점 선	도색길이(L_1)	300	300	300	300
		빈길이(L_2)	300	300	300	300
		너비(W)	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15
	복 선	너비(W)	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15
		간격(S)	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15
길가장자리 구역선	실 선	너비(W)	15 ~ 20	15 ~ 20	15 ~ 20	15 ~ 20
진로변경 제한선	실 선	너비(W)	15 ~ 20	15 ~ 20	15 ~ 20	15 ~ 20
		간격(S)	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15
	점 선	도색길이((L1)	300	300	300	300
		빈길이(L2)	200 ~ 300	200 ~ 300	200 ~ 300	200 ~ 300
		너비(W)	10 ~ 50	10 ~ 50	10 ~ 50	10 ~ 50
정차주차 금지선	실 선	너비(W)	15 ~ 20	-	-	-
	복 선	너비(W)	10	-	-	-
		간격(S)	5	-	-	-
유도선	점 선	도색길이(L_1)	50 ~ 100	50 ~ 100	50 ~ 100	50 ~ 100
		빈길이(L_2)	50 ~ 100	50 ~ 100	50 ~ 100	50 ~ 100
		너비(W)	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 15

* 편도 2차로 이상의 차도 구간 내 차로 경계를 표시할 필요가 있는 경우 설치

3.3 노면표시 색 기준

노면표시 기본색으로 흰색, 노란색, 파란색, 빨간색 등을 사용한다. 이 색상의 구분 및 의미는 〈표 1.2〉와 같다.

〈표 1.2〉 노면표시 색상의 구분 및 의미

노면표시 색상	구분	의미
흰색 (백색)	▪ 다른 색상에서 구분한 내용 이외의 표시	▪ 동일한 방향의 교통류 분리 경계 및 지시 표시
노란색 (황색)	▪ 중앙선 표시 ▪ 주차금지표시 ▪ 정차·주차금지 표시 및 안전지대 중 양방향 교통을 분리하는 표시	▪ 반대방향의 교통류 분리 ▪ 도로이용의 제한 및 지시표시
파란색 (청색)	▪ 전용차로표시 ▪ 노면전차전용로표시	▪ 특별 교통수단 이용가능한 교통류 분리 표시
빨간색 (적색)	▪ 소방시설 주변 정차·주차금지표시 ▪ 어린이 보호구역 또는 주거지역 안에 설치하는 속도제한표시 테두리선	▪ 소화전 등 소방시설과 관련한 정차 · 주차 금지의 규제 표시
분홍색, 연한녹색 또는 녹색	▪ 노면 색깔 유도선 표시	▪ 교차로, 나들목, 분기점에서 통행해야 하는 방향 유도 표시

일반적으로 노면표시는 단색을 적용한다. 그러나 기본색의 대비효과를 통해 시인성을 증진시키기 위해 기본색과 함께 검은색을 보조색으로 사용할 수 있다. 캐나다 퀘벡(Quebec)에서는 신설 시멘트 콘크리트 포장의 차선에 대비효과를 증가시키기 위해 파선과 실선을 검은색과 흰색으로 구성하는 two-layer 방식을 채택하고 있다(〈그림 1.2〉[3] 참조).

노면표시(건조한 상태)의 색도좌표 x, y는 〈표 1.3〉[4]의 꼭짓점에서 정의되고 〈그림 1.3〉의 영역 안에 들어가야 한다.

3) Gouverne du Quebec(2019), “Pavement Marking Technical Manual”, p3.
4) 경찰청(2022), “교통노면표시 설치·관리 업무편람”, p11.

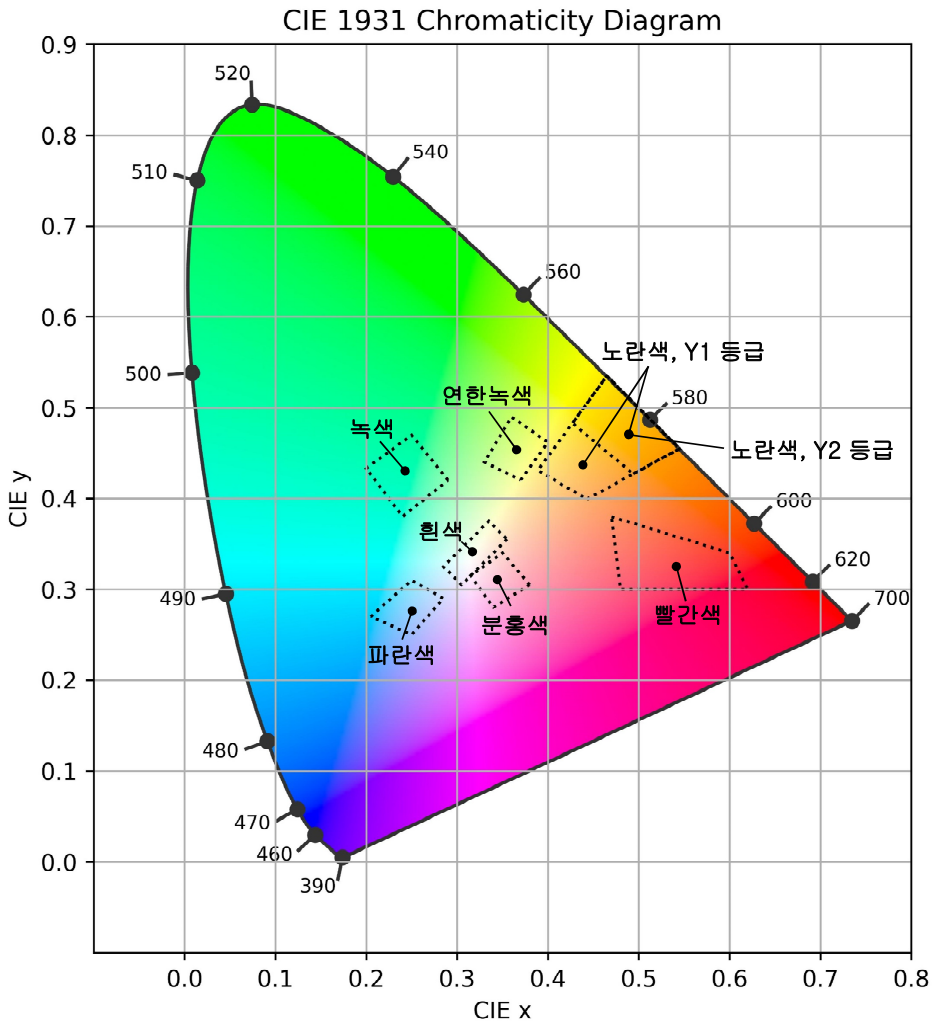


〈그림 1.2〉 Two-layer 방식 노면표시(Quebec, 2019)

〈표 1.3〉 노면표시의 색도 좌표 지역 꼭짓점(경찰청, 2022)

노면표시 색상	좌표축	꼭짓점 (corner point) 좌표			
		1	2	3	4
흰색	x	0.355	0.305	0.285	0.335
	y	0.355	0.305	0.325	0.375
노란색, Y1등급	x	0.443	0.545	0.465	0.389
	y	0.399	0.455	0.535	0.431
노란색, Y2등급	x	0.494	0.545	0.465	0.427
	y	0.427	0.455	0.535	0.483
파란색	x	0.205	0.250	0.285	0.250
	y	0.270	0.310	0.290	0.250
빨간색	x	0.470	0.600	0.620	0.480
	y	0.380	0.340	0.300	0.300
분홍색	x	0.380	0.340	0.315	0.350
	y	0.305	0.280	0.315	0.340
연한녹색	x	0.370	0.400	0.360	0.330
	y	0.420	0.462	0.490	0.440
녹색	x	0.290	0.250	0.200	0.240
	y	0.420	0.470	0.433	0.380

* 노란색 노면표시 Y1등급과 Y2등급은 각각 영구적이고 임시적인 노면표시를 가리키는 것이다. 색도 좌표는 국제조명위원회(CIE) 표준 시스템의 x, y 색도 좌표로 정의된다.



〈그림 1.3〉 CIE 색도 다이어그램에서 노면표시 색도 구역

제2장

노면표시 재료성능 기준

1. 개 요
2. 노면표시 재귀반사도 기준
3. 도료의 특성 및 기준
4. 유리알의 특성 및 기준
5. 노면표시 공용성능에 영향을 미치는 외부적 요인
6. 노면표시 설계

제2장

노면표시 재료 성능 기준

1 개요

노면표시(pavement marking)는 도로 이용자를 위해 안내와 정보를 제공하는 중요한 기능을 가진다. 특히 종방향 선의 형태로 되어 있는 노면표시(길가장자리 구역선, 차선, 중앙선)는 주행 차로의 분리와 노선 설정을 전달하는 가장 중요한 수단중에 하나이다.

미국의 에드워드 N. 하인즈는 우유가 새는 마차가 길을 따라 흔적을 남기는 것에 착안하여, 반대 방향의 교통을 분리하기 위해 도로 중앙에 선을 그리는 개념을 제안하였다. 이후 1911년 웨인 카운티에 있는 리버로드에 페인트를 칠한 중앙선이 처음 적용되었다. 또한 1930년대 후반 캐나다 엔지니어가 유리알(glass bead)을 적용한 노면표시에 대한 주제로 논문을 발표하였는데, 여기서 유리알 사용 시 도로 시인성이 향상되고 내마모성도 우수하다고 보고하였다. 이후 2차 세계대전에서 정전발생에 의한 교통정체를 신속하게 처리하기 위해 유리알을 사용했다는 보고가 있으며, 이후 노면표시에서 도료에 유리알을 살포하는 시스템이 대중화되었다.

이와 같은 노면표시는 새로운 재료 및 공법 기술들의 개발로 꾸준히 발전해 오고 있으며, 또한 재료 품질 및 성능 기준들이 마련되어 체계적인 관리체계가 구축되어 있다. 그러나 이 기준들이 여러 규격 및 지침·편람 등으로 나뉘어져 있어 종합적 이해를 도모하는데 한계가 있다. 이에 본 장에서는 현재 도로교통법 시행규칙, 경찰청 편람, KS 규격 등에서 제시되어있는 재료 품질 및 성능 기준을 종합하여 정리하였고, 용어 정의 및 방법을 상세히 풀어서 기술하였다. 또한 일반국도 자체적인 상향된 품질기준도 제시하였다. 또한 추가로 노면표시 공용성능에 미치는 영향과 설계 시 고려해야 할 사항들을 정리하였다.

2 노면표시 재귀반사도 기준

2.1 재귀반사도 정의

재귀반사(retrorefletion)는 광원으로부터 온 빛이 물체의 표면에서 반사되어 그대로 되돌려 보내는 현상을 의미한다. 노면표시의 재귀반사도(retroreflectivity, coefficient of retroreflected luminance)는 다음과 같이 정의된다.

[노면표시 재귀반사도]

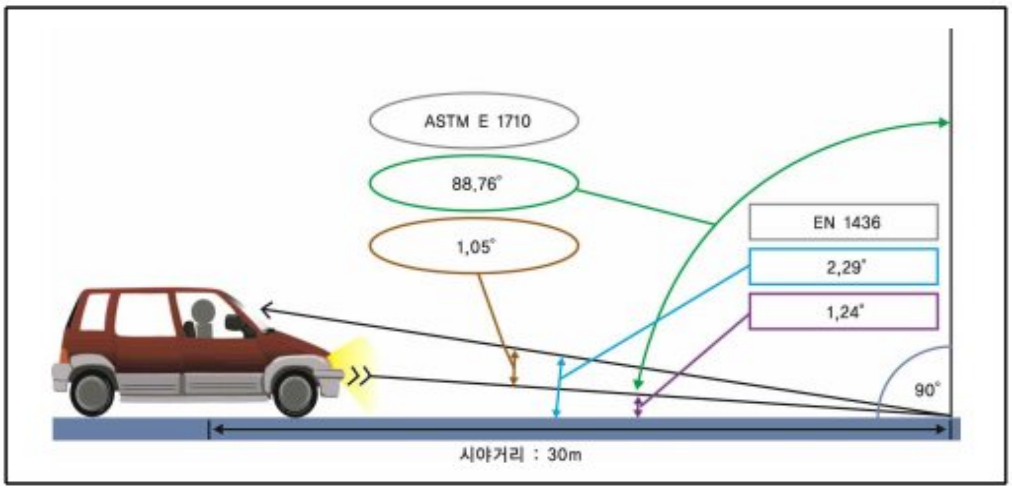
$$R_L = \frac{L}{E_\perp}$$

여기서, R_L = 재귀반사도(mcd/(m^2·lx))

L = 대상면에서 반사되는 빛의 양, 휘도(mcd/m^2)

$E_\perp$ = 조명방향과 수직인 장소를 비칠 때 빛의 양, 조도(lx)

표준측정 조건에서 관측각 α는 2.29°±0.05°, 조명각 ϵ는 1.24°±0.05°이다. 관측각은 측정방향의 가운데 지점과 현장 바닥면이 이루는 각을 의미하며, 조명각은 중앙 조명 방향과 현장 바닥면이 이루는 각을 의미한다(〈그림 2.1〉 참조).



〈그림 2.1〉 노면표시 재귀반사도 표준측정 조건

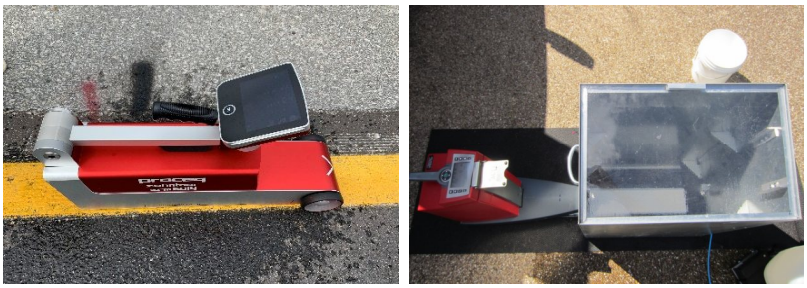
재귀반사도는 조명장치가 없는 어두운 도로에서 자동차 전조등에 의한 반사성능을 나타내는 값이며, 도로 노면표시에 의한 도로 시인성을 평가하는데 중요한 지표로 활용되고 있다. 재귀반사도는 국내에서 다양한 용어로 사용되고 있다. 도로교통법 시행규칙과 경찰청 편람에서는 「재귀반사성능」이라는 용어를 사용하고 있으며, KS M 6080에서는 「재귀반사성능계수」, 「역반사 성능계수」라는 용어를 사용하고 있다. 또한 한국도로공사 전문시방서(KCS 44 60 05)에서는 「재귀반사도」, 도로공사표준시방서(KCS 44 60 05)에서는 「반사성능」이라는 용어를 사용하고 있다. 본 매뉴얼에서는 「재귀반사도」라는 용어로 통일하여 기술하였다.

2.2 재귀반사도 측정방법

재귀반사도는 도로 노면의 상태에 따라 「건조노면」, 「젖은노면」, 「우천시」로 구분되며 KS M 6080은 「젖은노면」 재귀반사도 시험방법[1]을, EN 1436은 「젖은노면」과 「우천시」 재귀반사도 시험방법[2] 각각을 규정되어 있다. 〈그림 2.2〉는 재귀반사도 측정 사진을 보여주고 있으며, 〈표 2.1〉은 이 규격들에 대한 시험방법을 비교하였다. 표에서 알 수 있듯이 EN 1436은 맑은 물을 사용하는데, KS M 6080 계면활성제를 넣은 습윤용액을 사용하도록 규정하고 있다. 또한 젖은노면 재귀반사도 시험방법에서 EN 1436은 맑은 물 3L를 0.3m 높이에서, KS M 6080은 습윤용액 10L를 0.5m 높이에서 붓게 규정하고 있어 시험규격별 차이를 보이고 있다. 도로교통법 시행규칙 별표 6과 경찰청 편람은 EN 1436에서 제시된 시험방법을 따르도록 규정하고 있으며, 이에 본 매뉴얼에서도 이와 동일한 시험방법을 따르도록 규정하였다.

차량 부착형 이동식(mobile) 재귀반사도 측정장비를 사용하여 젖은노면 재귀반사도를 측정하고자 할 때 아래 그림과 같이 살수차량을 이용할 수 있다. 다만 EN 1436에서 규정한 맑은 물의 양과 회복시간(recovery time) 1분을 만족할 수 있어야 하며, 측정 시 물보라가 일어나지 말아야 한다(〈그림 2.3〉 참조).

1) KS M 6080, “노면 표지용 도료”, p28.
2) EN 1436, “Road marking materials-Road marking performance for users and test methods”, p25~26.



〈그림 2.2〉 휴대용 장비 활용 재귀반사도 측정 (좌 : 젖은노면, 우 : 우천시)



〈그림 2.3〉 살수차량과 이동식 장비 활용 젖은노면 재귀반사도 측정

〈표 2.1〉 젖은노면/우천시 재귀반사도 시험방법 비교

노면상태	시험규격	시험방법
젖은노면	KS M 6080	○ 10L의 맑은 물에 1.25ml의 비누용액 또는 불소계 계면활성계를 넣어 습윤용액 제조 ○ 이 제조된 용액을 노면으로부터 0.5m 높이에서 부은 후 1분이 경과한 시점에서 재귀반사도를 측정
	EN 1436	○ 3L의 맑은 물을 노면으로부터 0.3m 높이에서 부은 후 60±5초가 경과한 시점에서 재귀반사도를 측정 ○ 노면 경사가 2%~7% 조건에서만 적용 가능
우천시	KS M 6080	○ 습윤용액 제조 방법 동일 ○ 강우상태 면적은 시험 샘플 면적 보다 폭은 최소 2배(최소 폭 0.3m), 길이는 최소 25% 이상으로 설정 ○ 평균 강우강도 20±2mm/h 조건으로 하여 5분 이상 강우상태를 유지한 상태에서 재귀반사도를 측정
	EN 1436	○ 맑은 물 사용 ○ 강우상태 면적은 시험 샘플 면적 보다 폭은 최소 2배(최소 폭 0.3m), 길이는 최소 25% 이상으로 설정 ○ 평균 강우강도 20±2mm/h 조건으로 하여 5분 이상 강우상태를 유지한 상태에서 재귀반사도를 측정 ○ 노면 경사가 2%~7% 조건에서만 적용 가능

2.3 재귀반사도 기준

도로교통법 시행규칙 별표 6의 라항 「반사재료」[3]에는 다음과 같은 내용이 규정되어 있다.

[반사재료]

(1) 노면표시를 할 때는 시간대나 기상상태 등에 관계없이 운전자 및 보행자에게 잘 보일 수 있도록 하기 위해 성능이 우수한 반사재료를 사용하거나 반사장치를 해야 한다.

(2) 노면표시에 사용되는 반사재료는 KS M 6080 「노면 표지용 도료」, KS L 2521 「도료 표지 도료용 유리알」에 따른 기준 이상의 성능을 가진 것을 사용해야 한다.

(3) 노면표시 반사재료의 반사성능 기준은 다음 표와 같다.

〈표 2.2〉 노면표시 최소재귀반사성능

구분	최소 재귀반사도[mcd/(㎡·lx)]				비 고
	흰색	노란색	파란색	빨간색	
설치 시	240	150	80	46	○ 설치 후 1주일이 지난 날부터 준공일까지 최소재귀반사성능 기준 이상을 유지해야 한다.
젖은 노면(습윤)시	100	70	40	23	○ 젖은 노면에서 최소재귀반사성능을 측정하는 방법은 유럽표준(EN1436)에서 정하는 방법에 따른다.

일반적으로 재귀반사도는 야간에 도로조명장치가 없는 어두운 도로에서 적용되는 성능값이다. 그러나 현재 도로교통법 시행규칙 별표 6에서는 “시간대나 기상상태 등에 관계없이”, 경찰청 편람[4]에서는 “주·야간이나, 기상상태, 조명여부 등에 관계없이 운전자 및 보행자의 눈에 잘 띄어야 한다” 라고 규정하고 있어, 주간, 야간, 도로조명장치 유무와 상관없이 최소 재귀반사성능 이상의 값을 모든 노면표시에서 요구하고 있다[5].

3) 도로교통법 시행규칙 제8조 별표 6, p5.
4) 경찰청(2022), “교통노면표시 설치·관리 업무편람”, p14.
5) 도로시인성을 강화해야 한다는 의견은 모든 관계기관과 도로 이용자들이 동의하지만, 도로 관리기관들의 합리적 예산집행을 위해서는 최소 재귀반사성능 기준에서 향후 예외조항 검토가 필요하다고 판단된다. 전성일 등(2023)은 “도로 노면표시 국가 기준의 문제점 분석 및 개선방안 제안” 논문에서 이에 대한 관련 근거를 제시하였다.

미국 연방도로관리국(FHWA, Federal Highway Administration)의 MUTCD (manual on uniform traffic control devices, 2009)에서는 최소재귀반사도를 규정하지 않는 도로를 다음과 같이 규정하고 있다.

○ 도로 조명장치가 있는 구간의 노면표시
○ AADT(연평균 일교통량 : annual average daily traffic) 6,000대 미만 구간의 도로 노면표시
○ 정지선, 문자, 기호, 횡단보도 등과 같은 종방향 차선 이외의 노면표시

본 매뉴얼에서는 국도 종방향 노면표시(중앙선, 차선, 길가장자리구역선)의 품질향상을 위해 다음과 같이 재료 종류별로 설치시 최소 재귀반사도를 아래와 같이 별도로 제시한다. 이를 제외한 기타 노면표시(정지선, 문자, 기호, 횡단보도 등)는 도로교통법 시행규칙 별표 6의 설치시 최소 재귀반사성능 기준을 따른다.

[국도 차선 설치시 최소 재귀반사도(권장)]

○ 설치시 최소 재귀반사도는 노면이 건조상태일 때 측정된 값을 의미함
○ '설치시'는 설치 후 1주일이 지난 날부터 준공일까지를 의미함

〈표 2.3〉 국도 차선 설치시 최소 재귀반사성능(권장)

형태	도료 종류	유리알 종류	설치시 최소 재귀반사도[mcd/(m²·lx)]			
			흰색	노란색	파란색	빨간색
일반형 타입 (Flat Type)	2종	1호	300	180	120	80
		2호~4호	400	280		
	4종	1호	400	200	160	100
		2호~4호	500	300		
	5종	1호	400	200	160	100
		2호~4호	500	300		
돌출형 타입 (Structural Type)	5종	2호~4호	600	400		
테이프 (Tape)	재귀반사성능Ⅰ		500	300		
	재귀반사성능Ⅱ		250	175		

3 도료의 특성 및 기준

3.1 도료의 종류 및 특성

노면표시에 사용되는 일반 도료는 크게 액상도료와 분말도료로 나눌 수 있다.

[액상도료]

○ 1종, 3종 도료
- 용매의 종류가 시너(thinner)로 불리는 유기용매를 사용하는 1액형 도료(용매는 도료 도장 후 건조되면서 증발)

○ 2종 도료
- 물을 용매로 사용하는 1액형 도료(용매는 도료 도장 후 건조되면서 증발)

○ 5종 도료
- 주재와 경화제 또는 개시재의 결합 후 반응으로 건조되는 비용매 타입의 2액반응형 도료

[분말도료]

○ 4종 도료
- 고온의 일정한 온도에서 녹아 액상화가 되면 도로 노면에 도장 후 자연양생 시키는 도료

1) 일반 도료(general paints)

일반 도료는 1액형 액상 도료(solvent or waterborne paint)라고 불리며, 상온 건조형(1종), 수용성형(2종), 가열형(3종)으로 구분된다. 이 도료들에 대한 특성은 〈표 2.4〉와 같다. 여기서 1종과 3종 도료는 휘발성 유기화학물(VOCs)[6]을 용매로 다량 사용하여 환경적인 문제를 야기할 수 있다는 지적이 꾸준히 제기되었으며, 또한 재귀반사성능이 다른 재료들에 비해 작고 수명이 짧아서, 현재 도로에서 사용을 금지하고 있다. 2종 도료의 경우 용매로 유기화합물 대신

6) 휘발성 유기화합물(VOCs : volatile Organic Compounds)은 증기압이 높아 대기중으로 쉽게 증발되는 액체 또는 기체상 유기화합물의 총칭이다(출처 : 네이버 지식백과).

물을 사용하며, 이에 도색 후 물이 증발하면서 필름(film)이 형성되기 때문에 환경적 문제를 야기하지 않고, 시공비용이 4종과 5종 도료에 비해 저렴하다는 장점이 있다.

〈표 2.4〉 1액형 액상 도료의 종류 및 특성

종류	명 칭	내 용	비 고
1종	상온 건조형 도료	합성 수지 바니시[7] 또는 전색제,착색안료, 체질안료,유기용제등으로 제조된 도료	주차장,공원등 재귀반사성능이 요구되지 않는 노면표시
2종	수용성형 도료	물과 친화적인 합성수지,착색안료,체질안료, 물 등으로 제조된 도료	재귀반사성능이 확보되어야 하는 노면표시
3종	가열형 도료	합성 수지 바니시 또는 전색제,착색안료, 체질안료,유기용제 등으로 제조된 도료	주차장,공원등 재귀반사성능이 요구되지 않는 노면표시

주) 1종과 3종 도료는 휘발성 유기용제의 함량 차이로 인해 점도가 다름
일반적으로 1종 도료는 점도가 낮아 롤러,붓,기타 가열장치 없이 사용할 수 있으나, 3종 도료는 점도가 높아 특수 가열장치 시스템이 장착된 도색 장비를 이용하여 도료를 일정한 온도로 가열 후 점도를 떨어뜨려 사용함

2) 융착식 플라스틱 도료(thermoplastics)

융착식 플라스틱 도료(4종)는 착색안료, 체질안료, 유리알, 충전용 재료 및 합성수지를 주된 원료로 하여 이것을 혼합한 분체상 및 과립형 도료 사용시에 1포를 단위로 하여 용융 혼합하여 사용하는 도료를 말한다. 가열장치가 장착된 용해조에 분말도료를 넣고 약 180~200℃로 가열하여 액상화시킨 후 전용시공장비를 이용하여 도색을 하게 된다.

이 4종 도료 분말에 유리알을 약 20~30% 정도 혼입이 가능하여, 노면표시 시공 시 별도로 살포된 유리알이 장기간 공용 후 탈락되어도 도료에 기 혼입된 유리알의 용출로 인해 오랜 기간 재귀반사성능이 유지되는 장점이 있다.

7) 바니시(varnish)는 수지용액을 의미한다. 전색제를 액체(용제, 기름, 물, 가소제) 등에 용해, 분산시킨 유동체를 바니시라고 부른다(출처 : 네이버 지식백과).

3) 상온 경화형 플라스틱 도료(cold plastics)

상온 경화형 플라스틱 도료(5종)는 주재와 경화제를 일정한 비율로 배합하면 열적경화 반응으로 고분자(플라스틱)가 형성되는 레진을 주원료로 사용하는 도료를 말한다. 5종 도료는 여러 종류가 있으며, 이 종류 및 각각의 특성을 〈표 2.5〉에 나타내었다.

〈표 2.5〉 5종 도료 종류 및 특성

명 칭	내 용
MMA (Methylmethacrylate)	○ 주재(MMA)와 개시제(BPO,과산화물)[8] 결합에 의한 열적 경화 반응으로 건조되는 도료 ○ MMA계 합성수지, 착색안료[9], 체질안료[10], 충전재, 첨가제 등의 원료로 혼합된 액상도료 ○ 혼합 배합비는 2가지로 구분할 수 있음 - 주재A : 주재B : BPO - 주재 : BPO
폴리우레아 (Polyurea)	○ 변성우렌탄계열의 합성수지, 착색안료, 체질안료, 충전재, 첨가제 등의 원료로 혼합된 액상도료 ○ 우레탄계열의 변성이소시아네이트와 변성폴리올의 결합에 의한 열경화반응에 의해 건조되는 도료 ○ 혼합 배합 - 주재(A) : 주재(B)
수성 아크릴	○ 기존 2종 수용성도료에 액상 또는 분말 건조제를 도막 상부에 살포하여 저온에서 수용성 도료의 건조시간을 단축한 도료 ○ 혼합 배합 : 수용성 도료(2종) + 건조제(분말,액상)

8) 개시제는 연쇄반응을 개시시키기 위해 사용되는 물질이다. 과산화물은 열에 의해서 쉽게 분해하여 유리기를 발생하기 때문에 유리기 중합의 개시제로서 널리 쓰인다. 대표적인 과산화물이 과산화벤조일(BPO : benzoyl peroxide)이다(출처 : 네이버 지식백과).

9) 착색안료(coloring pigments)는 물, 기름, 용제에 녹지 않고 햇볕에 견디는 색을 갖는 분말이며, 수지 바니시와 연육시켜 도료에 색채를 갖게 하는 안료(이기열(2010), *도료 생산기술의 정석*, p15)

10) 체질안료(extender pigments)는 천연석 또는 백색점토를 그대로 분쇄하거나 열처리하여 가공한 후 분쇄한 것을 말함(이기열(2010), *도료 생산기술의 정석*, p16)

3.2 도료의 기준

노면표시용 도료의 품질기준은 KS M 6080에 규정되어 있다. 〈표 2.6〉[11]은 일반 도료의 품질기준을 나타내고 있다.

〈표 2.6〉 일반 도료의 품질기준(KS M 6080)

항목			종류		
			1종	2종	3종
주도(K.U)			80 ~ 130	80 ~ 120	80 ~ 130
용기 내에서의 상태			내용물에 딱딱한 덩어리, 이물질이 없어야 하며, 저었을 때 쉽게 균일한 상태가 되어야 한다.		
불점착 건조성			20분 후에 도료가 불점착 시험기의 타이어에 붙지 않아야 한다.		10분 후에 도료가 불점착 시험기의 타이어에 붙지 않아야 한다.
열 안정성			-	시험한 후 변질되거나, 주도가 5 K.U 이상 증가하지 않아야 하며, 내세척 시험에 합격하여야 한다.	용기 내에서의 상태를 만족해야 하고, 주도가 141 K.U 이하이어야 한다.
도막의 겉모양			주름, 얼룩, 부풂, 갈라짐, 점착성 등이 없고 핀홀, 작은 입자 등이 많지 않을 것.		
은폐율(%)		흰색	95 이상		
		노란색	90 이상		
블리딩성			아스팔트판 위에 칠했을 때 심한 블리딩이 없어야 한다.		
내마모성			마모 감량이 100회전에 대하여 500 mg 이하	—	마모 감량이 100회전에 대하여 500 mg 이하
내마모도 시험[a] (건조한 노면 조건)(제조자 제시 교통량 등급 통과 후)			-	내마모도 시험 후, 노면이 건조한 상태에서의 재귀반사도 성능(RL)에 따라 흰색은 R3 ≥ 150, R4 ≥ 200 및 R5 ≥ 300으로, 노란색은 R3 ≥ 150 및 R4 ≥ 200으로 표시한다.	-
내마모도 시험[a] (젖은 노면 조건)(제조자 제시 교통량 등급 통과 후)			-	내마모도 시험 후, 노면이 젖은 상태에서의 재귀반사도 성능(RL)에 따라 RW2 ≥ 35, RW3 ≥ 50 및 RW4 ≥ 75로 표시한다.	-
휘도율	UV 노화전 (β)	흰색	0.80 이상		
		노란색	0.40 이상		
	UV	흰색	0.05 이하		

11) KS M 6080, “노면 표지용 도료”, p3~4.

항목			종류		
			1종	2종	3종
	노화후 ($\triangle\beta$)	노란색	0.05 이하		
내수성			물에 24시간 침지시켰을 때, 갈라짐, 부풂, 주름, 변색 등이 없어야 한다.		
내알칼리성			수산화칼슘 포화 용액에 18시간 침지시켰을 때 갈라짐, 부풂, 주름, 변색 등이 없어야 한다.		
냉동 안정성			-	주도가 10 K.U 이상 상승 또는 10 % 이상 저하가 없어야 한다.	-
비휘발분(도료 중 %)			60 이상	55 이상	65 이상
내세척성			—	800회 이상	—
색도 좌표 (초기)		흰색	CIE 색도 좌표 범위 내에 들어올 것.		
			x: 0.355, 0.305, 0.285, 0.335		
			y: 0.355, 0.305, 0.325, 0.375		
		노란색	CIE 색도 좌표 범위 내에 들어올 것.		
			x: 0.494, 0.545, 0.465, 0.427		
			y: 0.427, 0.455, 0.535, 0.483		
납(비휘발분 중 %)			0.06 이하		
카드뮴(비휘발분 중 %)			0.01 이하		
휘발성 유기화합물 함량			400 g/L 이하	170 g/L 이하	400 g/L 이하

비고 1 유리알을 살포하는 노면 표지용 일반 도료 제조자는 표시사항에 도료에 살포하는 유리알 살포량을 부속서 Q에 따라 그 양을 결정하고 반드시 표시하여야 한다.

비고 2 R_L은 반사 휘도율로서 도로 표지에 빛의 방향과 수직이 되는 장소의 조도가 E일 때 관찰 방향의 재귀반사 성능 L의 계수를 의미한다. 또한, 부속서 D 일반 도료 및 플라스틱 도료에 관한 재귀반사 성능 관리 지침을 따라서 노면이 건조한 상태의 야간 시인성에 대한 재귀반사 성능을 뜻한다.

비고 3 내마모도 시험은 시험 기간이 장시간 소요되므로 1회/년 수행하며, 시험 성적서 유효일은 발행일로부터 1년 이내로 한다.

비고 4 내마모도 시험 후 재귀반사도 표시는 교통량에 따른 재귀반사도 성능의 표시이지 제품 등급의 표기는 아니다.

a 내마모도 시험 횟수는 교통량 등급(P3 ~ P7)에 따른 재귀반사 성능(건조한 노면, 젖은 노면)을 정할 수 있다.

〈표 2.7〉[12]은 융착식 플라스틱 도료의 품질기준을 나타내고 있다.

〈표 2.7〉 융착식 플라스틱 도료의 품질기준(KS M 6080)

항목			종류		
			4종		
납(비휘발분 중 %)			0.06 이하		
카드뮴(비휘발분 중 %)			0.01 이하		
연화점(℃)		SP3	≥ 95		
		SP4	≥ 110		
내열 처리 후	압입 시간	IN3	2분 ~ 5분		
		IN4	6분 ~ 20분		
		IN5	≥ 20분		
저온 충격성		등급	검사 온도(℃)	쇠공	검사 통과 시료수
		CI2	−10 ± 3	(66.8 ± 0.2) g	6
		CI3	−10 ± 3	(110 ± 0.2) g	6
불점착 건조성			3분 후에 도료가 불점착 시험기의 타이어에 붙지 않아야 한다.		
도막의 겉모양			주름, 얼룩, 부풂, 갈라짐, 떨어짐이 없어야 한다.		
내알칼리성			수산화칼슘 포화 용액에 18시간 침지시켜도 갈라짐 및 변색이 없어야 한다.		
휘도율	UV 노화 전 (β)	흰색	0.80 이상		
		노란색	0.40 이상		
	UV 노화 후 ($\triangle\beta$)	흰색	0.05 이하		
		노란색	0.05 이하		
색도 좌표	초기, 내열처리 후, 제논 아크 노화 후	흰색	CIE 색도 좌표 범위 내에 들어올 것.		
			x: 0.355, 0.305, 0.285, 0.335		
			y: 0.355, 0.305, 0.325, 0.375		
		노란색	CIE 색도 좌표 범위 내에 들어올 것.		

12) KS M 6080, “노면 표지용 도료”, p5~6.

항목			종류
			4종
			x: 0.494, 0.545, 0.465, 0.427
			y: 0.427, 0.455, 0.535, 0.483
내열 처리 후	휘도율 차 (△β)	흰색	0.10 이하
		노란색	0.10 이하
	연화점 변화(DSP)		±10 ℃ 이내
내열 처리 후	제논아크 노화 후 휘도율 차 (1,000시간) (△β)	흰색	0.05 이하
		노란색	0.05 이하
유리알 함유량(wt %)			제조자 제시값 이상
내마모도 시험[a] (건조한 노면 조건) (제조자 제시 교통량 등급 통과 후)			내마모도 시험 후, 노면이 건조한 상태에서의 재귀반사도 성능(R_L)에 따라 흰색은 R3 ≥ 150, R4 ≥ 200 및 R5 ≥ 300으로, 노란색은 R3 ≥ 150 및 R4 ≥ 200으로 표시한다.
내마모도 시험[a] (젖은 노면 조건) (제조자 제시 교통량 등급 통과 후)			내마모도 시험 후, 노면이 젖은 상태에서의 재귀반사도 성능(R_L)에 따라 RW2 ≥ 35, RW3 ≥ 50 및 RW4 ≥ 75로 표시한다.

비고 1 유리알을 함유 및/또는 살포하는 융착식 플라스틱 도료 제조자는 표시사항에 플라스틱에 함유 및/또는 살포하는 유리알 함유량은 부속서 I, 살포량은 부속서 Q에 따라 그 양을 결정하고, 반드시 표시하여야 한다.

비고 2 R_L은 반사휘도율로, 도로 표지에 빛의 방향과 수직이 되는 장소의 조도가 E일 때 관찰 방향의 재귀반사 성능 L의 계수를 의미한다. 또한, 부속서 D 일반 도료 및 플라스틱 도료에 관한 재귀반사 성능 관리 지침을 따라서 노면이 건조한 상태의 야간 시인성에 대한 재귀반사 성능을 뜻한다.

비고 3 내마모도 시험 및 내열처리 후 휘도 시험은 시험 기간이 장시간 소요되므로 1회/년 수행하며, 시험 성적서 유효일은 발행일로부터 1년 이내로 한다.

비고 4 내마모도 시험 후 재귀반사도 표시는 교통량에 따른 재귀반사도 성능의 표시이지 제품 등급의 표기는 아니다.

a 내마모도 시험 횟수는 교통량 등급(P3 ~ P7)에 따른 재귀반사 성능(건조한 노면, 젖은 노면)을 정할 수 있다.

〈표 2.8〉[13]은 상온 경화형 플라스틱 도료의 품질기준을 나타내고 있다.

〈표 2.8〉 상온 경화형 플라스틱 도료의 품질기준(KS M 6080)

항목			종류
			5종
용기 내에서의 상태			내용물에 딱딱한 덩어리, 이물질이 없어야 하며, 저었을 때 쉽게 균일한 상태가 되어야 한다.
도막의 겉모양			주름, 얼룩, 부풂, 갈라짐, 떨어짐이 없어야 한다.
불점착 건조성			40분 후에 도료가 불점착 시험기의 타이어에 붙지 않아야 한다.
블리딩성			아스팔트 위에 칠했을 때 심한 블리딩이 없어야 한다.
내알칼리성			수산화칼슘 포화 용액에 18시간 침지시켜도 갈라짐 및 변색이 없어야 한다.
납(비휘발분 %)			0.06 이하
카드뮴(비휘발분 %)			0.01 이하
색도 좌표(초기)		흰색	CIE 색도 좌표 범위 내에 들어올 것.
			x: 0.355, 0.305, 0.285, 0.335
			y: 0.355, 0.305, 0.325, 0.375
		노란색	CIE 색도 좌표 범위 내에 들어올 것.
			x: 0.494, 0.545, 0.465, 0.427
			y: 0.427, 0.455, 0.535, 0.483
휘도율	UV 노화 전 (β)	흰색	0.80 이상
		노란색	0.40 이상
	UV 노화 후 ($\triangle\beta$)	흰색	0.05 이하
		노란색	0.05 이하
내마모도 시험[a] (건조한 노면 조건) (제조자 제시 교통량 등급 통과 후)			내마모도 시험 후, 노면이 건조한 상태에서의 재귀반사도 성능(RL)에 따라 흰색은 R3 ≥ 150, R4 ≥ 200 및 R5 ≥ 300으로, 노란색은 R3 ≥ 150 및 R4 ≥ 200으로 표

13) KS M 6080, "노면 표지용 도료", p6~7.

항목	종류
	5종
	시한다.
내마모도 시험[a] (젖은 노면 조건) (제조자 제시 교통량 등급 통과 후)	내마모도 시험 후, 노면이 젖은 상태에서의 재귀반사도 성능(RL)에 따라 RW2 ≥ 35, RW3 ≥ 50 및 RW4 ≥ 75로 표시한다.
유리알 함유량(wt %) (유리알이 함유된 경우)	제조자 제시값 이상
휘발성 유기 화합물 함량(g/L)	170 이하
비고 1 유리알을 함유 및/또는 살포하는 상온 경화형 플라스틱 도료 제조자는 표시사항에 플라스틱에 함유 및/또는 살포하는 유리알 함유량은 H.2, 살포량은 부속서 Q에 따라 그 양을 결정하고, 반드시 표시하여야 한다.	
비고 2 R_L은 반사휘도율로, 도로 표지에 빛의 방향과 수직이 되는 장소의 조도가 E일 때 관찰 방향의 재귀반사 성능 L의 계수를 의미한다. 또한, 부속서 D 일반 도료 및 플라스틱 도료에 관한 재귀반사 성능 관리 지침을 따라서 노면이 건조한 상태의 야간 시인성에 대한 재귀반사 성능을 뜻한다.	
비고 3 내마모도 시험은 시험 기간이 장시간 소요되므로 1회/년 수행하며, 시험 성적서 유효일은 발행일로부터 1년 이내로 한다.	
비고 4 내마모도 시험 후 재귀반사도 표시는 교통량에 따른 재귀반사도 성능의 표시이지 제품 등급의 표기는 아니다.	
a 내마모도 시험 횟수는 교통량 등급(P3 ~ P7)에 따른 재귀반사 성능(건조한 노면, 젖은 노면)을 정할 수 있다.	

〈표 2.6〉~〈표 2.8〉에 제시되어 있는 내마모도 시험에서 재귀반사도 등급과 교통량 등급의 구분을 〈표 2.9〉[14]와 〈표 2.10〉[15]에 나타내었다. 노면표시용 도료는 내마모도 시험을 통해 성능규격을 제시하게 된다. 예를 들어 노면표시용 도료의 성능규격이 「P3-R3/RW4」라고 표기되어 있다면, 이것은 내마모도 시험에서 바퀴통과횟수가 2×10^5일 때 노면이 건조한 상태에서 R_L이 150mcd/(m^2·lx) 이상, 노면이 젖은 상태에서 R_L이 75mcd/(m^2·lx) 이상의 성능을 나타내게 된다.

14) KS M 6080, “노면 표지용 도료”, p40.
15) KS M 6080, “노면 표지용 도료”, p50.

〈표 2.9〉 노면표시 재귀반사도 등급(KS M 6080)

노면이 건조한 상태			
노면표시의 유형과 색상		등급	최소 재귀반사성능계수 R_L mcd/(m²·lx)
영구적	흰색	R0	규정없음
		R2	$R_L \geq 100$
		R3	$R_L \geq 150$
		R4	$R_L \geq 200$
		R5	$R_L \geq 300$
	노란색	R0	규정없음
		R1	$R_L \geq 80$
		R3	$R_L \geq 150$
		R4	$R_L \geq 200$
임시적		R0	
		R3	
		R5	
노면이 젖은 상태			
젖은 상태		등급	최소 재귀반사성능계수 R_L mcd/(m²·lx)
물이 노면에 넘친 후, 1분 경과 후 측정		RW0	규정없음
		RW1	$R_L \geq 25$
		RW2	$R_L \geq 35$
		RW3	$R_L \geq 50$
		RW4	$R_L \geq 75$

〈표 2.10〉 교통량 등급(KS M 6080)

교통량 등급	바퀴 통과 수
P0	규정되지 않음
P1	0.5×10^5
P2	1×10^5
P3	2×10^5
P4	5×10^5
P5	1×10^6
P6	2×10^6
P7	4×10^6

비고 1 시험 진행은 선택된 교통량 등급에 따라 중지한다.

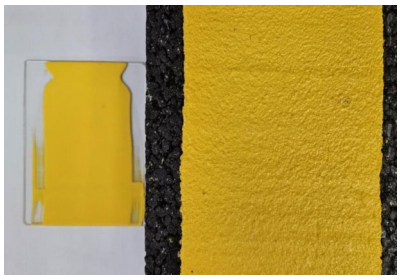
비고 2 P0등급은 특정한 최저 요구 바퀴 통과 수에 도달했을 때 시험을 중지한다.

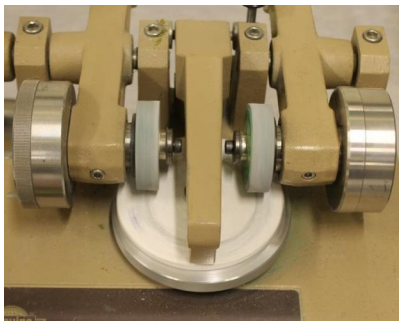
KS M 6080에 규정되어 있는 도료의 품질시험기준에서 각각의 항목에 대한 정의 및 방법을 아래와 같이 정리하였다.

〈표 2.11〉 도료의 품질시험기준 항목 및 내용

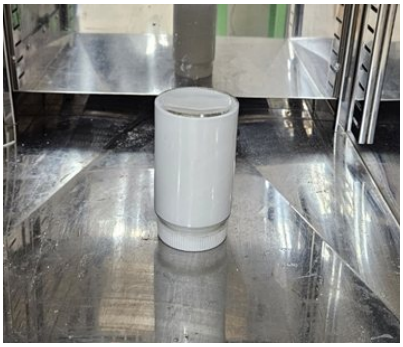
시험 항목 및 내용	사진
[주도] ○ 정의 - 전단력을 적용할 때 주관적으로 평가되는 도료의 흐름 저항 ○ 목적 - 도료의 점도를 정량적으로 측정하기 위함 ○ 방법 - 기구와 시료를 25±0.5℃로 유지 시키고 거품이 생기지 않도록 조심하여 시료를 휘저은 후, - 회전축에 새겨진 눈금이 액면과 일치되도록 높이 조절 후 스토머 점도계를 이용하여 주도를 측정	
[용기 내에서의 상태] ○ 방법 - 뚜껑을 열고 표면의 피막을 거두어 낸 다음, 교반봉으로 교반할 때 밑바닥에 가라앉은 부분이 용이하게 균일한 상태로 되는지 확인	

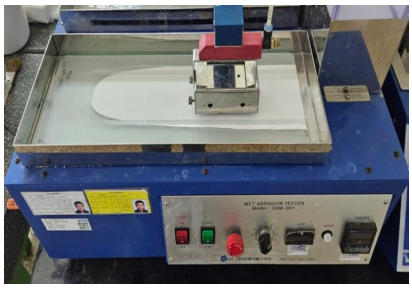
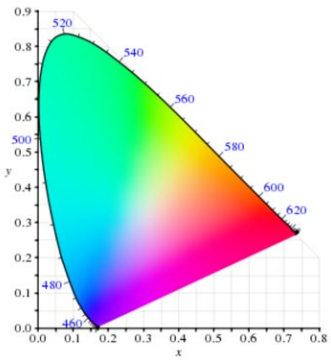
시험 항목 및 내용	사진
[불점착 건조성] ○ 정의 - 건조 후 도막 표면에 점착이 안 되는 성질 ○ 목적 - 일정 시간 안에 도료가 건조되어 타이어에 묻어나는지 확인하기 위함 ○ 방법 - 시료를 KS M ISO 1514에 따라 유리판(약 200mm×150mm×5mm)에 필름 애플리케이터 또는 닥터 블레이드(doctor blade)로 건조된 도막의 두께가 최대 0.1mm가 되도록 칠하고, - 불점착 건조성 시험기를 사용하여 도장된 유리판의 한쪽에서 다른 쪽을 향하여 1초 동안 힘을 가하지 않고 굴린 다음, 롤러의 타이어에 도료가 붙어 있는지 확인	
[열 안정성] ○ 정의 - 도료를 가열시켜 여러 온도에 노출되었을 때 안정성을 유지하는 성질 ○ 목적 - 열에 의해 도료가 변질되는지 확인하기 위함 ○ 방법 - 주도 시험을 한 시료를 온도 (60 ± 1)℃ 항온기에 넣어 규정된 시간 동안 유지시킨 후, - 이 시료를 꺼내어 실온까지 방랭한 후 용기 내의 상태를 시험하고 주도를 측정 - 2종은 내세척성 시험을 실시	 

시험 항목 및 내용	사진
[도막의 겉모양] ○ 방법 - 시료를 아스팔트(약 170mm × 150mm × 10mm) 한쪽 면에 필름 애플리케이터 또는 닥터 블레이드로 젖은 도막 두께가 최대 0.1 mm가 되도록 칠하고, - 24시간 건조 시킨 후, 시험편의 표면을 밝은 곳에서 눈으로 보아 주름, 얼룩, 부풂, 갈라짐 등을 조사하고, 손끝으로 점착성을 검사	
[은폐율] ○ 정의 - 동일한 두께로 백색 표면에 바른 도료의 반사율에 대한 특수한 조건에서 흑색 표면에 바른 도료의 반사율 ○ 목적 - 도막이 바탕색을 은폐시키는 능력을 확인하기 위함 ○ 방법 - 은폐율 시험지에 필름 애플리케이터 또는 닥터 블레이드를 사용하여 젖은 도막 두께가 최소 0.3mm가 되도록 칠하고 48시간 건조 시킨 후, 은폐율을 평가	
[블리딩성] ○ 정의 - 도장 후 하지의 색이 상도 도장한 도막 위로 용출해서 그 색을 변화시키는 현상 ○ 목적 - 아스팔트 위에 도료를 칠했을 때 심한 색변화가 있는지 확인하기 위함	

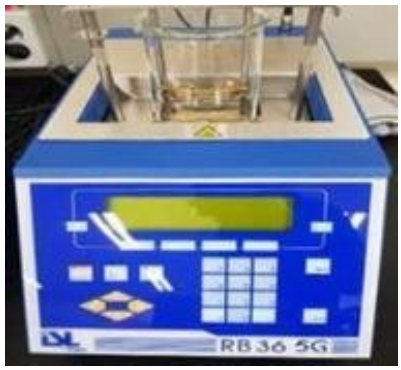
시험 항목 및 내용	사진
○ 방법 - 젖은 도막 두께가 최소 0.3mm가 되도록 아스팔트판과 유리판 위에 각각 필름 애플리케이터 또는 닥터 블레이드로 칠하여 25℃에서 48시간 건조 시킨 후 2개의 판을 비교	
[내마모성] ○ 정의 - 마찰에도 닳지 않고 잘 견디는 성질 ○ 목적 - 내마모성 후 마모 감량을 확인하기 위함 ○ 방법 - 테버형 마모 시험기와 연마지(KS L 6003 참조) 180번 또는 이와 동등한 품질 적용 - 20±1℃에서 시험하여 마모 감량을 구하고, 그 평균값을 계산	
[내마모도 시험] ○ 정의 - 마찰에도 닳지 아니하고 잘 견디는 성질 ○ 목적 - 내마모도 후 교통량 등급에 따른 재귀반사 성능을 확인하기 위함 ○ 방법 - 10km/h 턴테이블 속도로 하며, 물을 분무하면서 3시간 동안 운행한 후 건조 상태로 시험판을 60km/h로 회전시키며 제조자가 제시한 교통량 등급 동안 운행 - 매시간 운행 방향을 반대 방향으로 함 - 내마모도 시험 후 재귀반사도를 측정	

시험 항목 및 내용	사진
[UV노화 전후 휘도율] ○ 정의 - UV노화에 따른 광원의 단위 면적당 밝기에 대한 비율 ○ 목적 - UV노화로 인한 도막의 휘도율 감소를 확인하기 위함 ○ 방법 - (UVB-313) 형광 UV 램프를 이용하여 노화 시험을 168시간 동안 시험을 실시 - UV 노화 시험이 종료되면 시료를 꺼내어 1시간 동안 상온에서 방치시킨 후 휘도율을 측정, 도율(β) 차($\triangle\beta$) 계산	 
[내수성] ○ 정의 - 수분을 막아 견디어 내는 성질 ○ 목적 - 물에 의해 도막이 변질되는지 확인하기 위함 ○ 방법 - 유리판 한쪽 면에 젖은 도막 두께가 0.40±0.035mm가 되도록 필름 애플리케이터 또는 닥터 블레이드를 사용하여 칠하고 72시간 건조 - 이 시료를 다시 물에 60mm 정도 침지시켜 24시간 경과한 후 꺼내어 상온에서 2시간 건조시켜 검사	

시험 항목 및 내용	사진
[내알칼리성] ○ 정의 - 알칼리로 인해 성능이 나빠지는 현상에 저항하는 성질 ○ 목적 - 알칼리에 의해 도막이 변질되는지 확인하기 위함 ○ 방법 - 시료를 수산화칼슘 포화 용액 중에 60mm 정도 침지시켜 24시간 경과한 후 꺼내어 2시간 건조시킨 후 검사	
[냉동 안전성] ○ 정의 - 도료가 냉동에 따른 저온에 노출되었을 때, 안정성을 유지하는 능력과 관계되는 열 물리적 성질 ○ 목적 - 저온에서 도료가 변질되는지 확인하기 위함 ○ 방법 - 약 500mL의 밀폐할 수 있는 유리 용기에 시료를 거의 채우고 주도를 측정한 다음, 밀봉하고 거꾸로 하여 −10±1℃ 냉동기에 넣고 16시간 냉동시킴 - 이후 시료를 꺼내어 실온에서 8시간 동안 방치함 - 이 조작을 4회 이상 되풀이한 후 시료를 유리판에 칠하여 냉동 시험 전 도료 도막과 비교하여 변질 여부를 관찰하고, 주도를 측정하여 냉동 전 주도와 비교	 

시험 항목 및 내용	사진
[비휘발분] ○ 정의 - 특수한 조건에서 증발로 얻은 집단 잔류물 ○ 목적 - 건조 후에 도료의 질량 함량을 확인하기 위함 ○ 방법 - 시료량은 1.0±0.1g을 채취하고, 건조온도는 105±2℃에서 3시간 동안 열풍 건조기에서 건조	
[내세척성] ○ 정의 - 도막이 세척에 대해 견디어 내는 성질 ○ 목적 - 내세척성 후 도막의 벗겨짐 유무를 확인하기 위함 ○ 방법 - 유리판 위에 두께 0.00762cm, 넓이 약 8.8 cm 이상이 되게 애플리케이터 또는 닥터 블레이드로 도료를 칠하고, 24시간 자연 건조 후 평가	
[색도좌표] ○ 정의 - 광선의 색도를 나타내는 수치 ○ 목적 - 색도 범위 기준 안에 들어가는지 확인하기 위함 ○ 방법 - 색도 좌표 x, y를 표준 광원 D65, 조명각 45°/0° 상태로 측정	

시험 항목 및 내용	사진
[납,카드뮴(비휘발분 중 %)] ○ 방법 - 적당한 필름 애플리케이터 또는 닥터 블레이드를 사용하여 깨끗하게 닦은 유리판에 젖은 도막의 두께가 약 0.05mm가 되도록 도막을 형성시켜 105℃의 건조기에서 1시간 건조시킨 후, 이 건조 도막을 면도날로 긁어서 시료를 모음 - 이 시료를 이용하여 납과 카드뮴 함량을 분석함 - 납의 분석 방법은 KS M ISO 3856-1에 따른 기기 분석 방법 또는 KS M 6080 시험방법에 따라 수행 - 카드뮴의 분석 방법은 KS M ISO 3856-4에 따른 기기 분석 방법 또는 KS M 6080 시험방법에 따라 수행	
[휘발성 유기 화합물 함량] ○ 정의 - 접촉하는 지배적인 온도와 대기압에서 자연 증발되는 유기액체 및 또는 유기고체 ○ 목적 - 휘발성 유기 화합물 함량을 측정하기 위함 ○ 방법 - KS M ISO 2811에 따라 밀도를 측정 - KS M ISO 3251에 따라 비휘발분 함량을 측정 - KS M ISO 760에 따라 수분 함량을 측정 - KS M ISO 11890-2에 따라 면제 화합물을 측정 - 측정된 결과를 KS M ISO 11890-1 계산식에 따라 VOCs 함량을 계산	 

시험 항목 및 내용	사진
[내열처리 전후 연화점] ○ 정의 - 도료를 서서히 가열하여 도료가 차츰 연화해서 액상이 되어 가는 온도 ○ 목적 - 내열처리 전 과 비교하여 내열처리 하였을 때 연화정도가 변하는 정도를 알기 위함 ○ 방법 - 시료(4종)를 내열처리 시험을 한 후 연화점 샘플을 만듦 - 공을 담근 다음, 비커를 세운 채로 10분간 실온 18℃~28℃에 둠 - 10분이 경과한 후 공을 부젓가락이나 족집게로 집어서 링 중앙에 있는 시험 표본 위에 올려놓음 - 시험 용액 온도가 매분당 5℃씩 만큼 균일하게 올라가도록 심하지 않게 저어 주면서 비커를 가열 - 샘플의 연화점보다 최소한 15℃ 이상 낮은 지점에 이르면 매 60±5초마다 5℃씩 상승시킴 - 검사 표본이나 공이 비커 바닥에 닿는 순간의 온도를 0.5℃ 오차 범위 이내로 읽음	

시험 항목 및 내용	사진
[내열처리 전후 압입 시간] ○ 정의 - 좁은 구멍이나 홈 따위에 세게 눌러서 밀어 넣는데 걸리는 시간 ○ 목적 - 규정된 하중으로 도장이 들어가는 깊이를 확인하기 위함 ○ 방법 - 시료(4종)를 내열처리 시험을 한 후 압입 시간 샘플을 만듦 - 단면적이 100mm^{2}인 원통형 도장에 525N의 힘을 가하여 샘플표면과 수직 방향으로 눌러 줌 - 검사용 도장이 움푹 들어가는 깊이는 시간에 따라 달라지는데, 이 시간을 측정하여 기록하고, 10mm 깊이만큼 들어가는데 걸린 시간을 기록	
[저온 충격성] ○ 정의 - 저온에서 충격에 의한 물리적 성질 ○ 목적 - 충격에 의해 도막이 깨지거나 균열이 가는지 확인하기 위함 ○ 방법 - 시편을 냉동기에서 꺼내어 편평한 면이 아래로 가게 한 다음, 이 시편 상단이 잠길 정도로 −10℃ 소금물을 채움 - 전자석을 이용하여 쇠공은 제품 등급의 따라 66.8g이나 110.0g 중 하나를 사용하고, 2.00m 높이에서 시편 중앙을 향해 떨어뜨림 - 이때 시편이 깨지거나 균열이 발생했는지 평가	

시험 항목 및 내용	사진
[내열처리 전후 제논아크 휘도율, 색도좌표] ○ 정의 - 제논아크 노화에 따른 광원의 단위 면적당 밝기에 대한 비율 ○ 목적 - 제논아크 노화로 인한 도료의 휘도율 증가 또는 감소를 측정하고, 색도좌표상 기준치에 준하는지 확인하기 위함 ○ 방법 - 시료(4종)를 200±5℃ 오븐에 6시간 방치 후 휘도율을 측정 - 이후 제논아크 노화 시험을 1,000시간 동안 실시, 폭로 사이클은 102분 동안 건조 상태로 조사한 후, 18분 동안 수분 분무 상태로 조사 - 건조 상태의 상대습도는 50±10%로 하며, 블랙 스탠더드 패널 온도는 45±3℃, 복사량은 550W/m^2로 한다. 제논아크 노화 후 휘도율(β)을 측정한 후 휘도율 차($\triangle\beta$)를 계산	 
[유리알 함유량] ○ 정의 - 도료 안에 유리알을 포함하고 있는 분량 ○ 목적 - 도료 안에 유리알을 포함하고 있는 분량 확인하기 위함 ○ 방법 - 융착식 플라스틱 도료를 용매로 세척하여 결합재, 안료 및 미세 충전제를 제거하고 잔존 알갱이 및 유리알을 건조시킴 - 혼합물에 진동을 가해 유리알을 분리하고 무게를 측정하여 유리알 함유량을 계산	

3.3 기타 기준

최근 문자, 기호, 도형, 그리고 임시표시 등에 테이프식 노면표시가 일부 적용되고 있다. 테이프식 노면표시에 대한 품질기준은 KCS 44 60 05 「도로안전시설공사」에 규정되어 있으며, 〈표 2.12〉과 같다.

〈표 2.12〉 테이프식 노면표시 품질기준

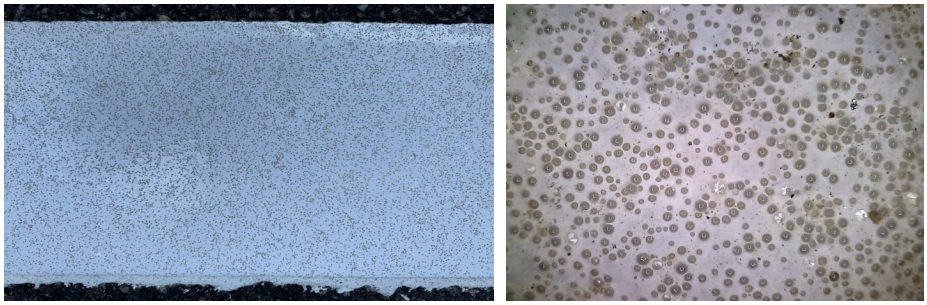
<table>
<tr><th>항 목</th><th colspan="2">흰색</th><th>노란색</th></tr>
<tr><td>재귀반사도
(입사각 : 88.76 °,
관찰각 : 1.05 °)</td><td colspan="3"><table>
<tr><td rowspan="2">재귀 반사성능</td><td colspan="2">R_L [mcd/(m^2 · lx)]</td></tr>
<tr><td>흰색</td><td>노란색</td></tr>
<tr><td>재귀 반사성능 I
(wet recovery)</td><td>500
(250)</td><td>300
(250)</td></tr>
<tr><td>재귀 반사성능 II</td><td>250</td><td>175</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>미끄럼저항</td><td colspan="3"><table>
<tr><th>분류</th><th>BPN 값</th></tr>
<tr><td>Type I</td><td>BPN ≥ 45</td></tr>
<tr><td>Type II</td><td>BPN ≥ 55</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>색도</td><td colspan="2">CIE 색도좌표 범위 내에 들어올 것.
X : 0.355, 0.305, 0.285, 0.335
Y : 0.355, 0.305, 0.325, 0.375</td><td>CIE 색도좌표 범위 내에 들어올 것.
X : 0.494, 0.545, 0.465, 0.427
Y : 0.427, 0.455, 0.535, 0.483</td></tr>
<tr><td>치수</td><td colspan="3">균열이 없어야 하며, 가장자리가 일정하며, 직선이고, 깨지지 않아야 한다.</td></tr>
<tr><td>접착강도</td><td colspan="3"><table>
<tr><th>시험 온도</th><th>접착강도(N)</th></tr>
<tr><td>10 ℃</td><td>4.88 이상</td></tr>
<tr><td>24 ℃</td><td>4.88 이상</td></tr>
<tr><td>46 ℃</td><td>4.88 이상</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>내마모도시험
(20만 회)
[150mcd/(m^2 · lx)
이상]</td><td colspan="3"><table>
<tr><th>구분</th><th>등급</th><th>재귀반사도 [mcd/(m2 · lx)]</th></tr>
<tr><td rowspan="5">흰색</td><td>R0</td><td>규정 없음</td></tr>
<tr><td>R2</td><td>R_L ≥ 100</td></tr>
<tr><td>R3</td><td>R_L ≥ 150</td></tr>
<tr><td>R4</td><td>R_L ≥ 200</td></tr>
<tr><td>R5</td><td>R_L ≥ 300</td></tr>
<tr><td rowspan="4">노란색</td><td>R0</td><td>규정 없음</td></tr>
<tr><td>R1</td><td>R_L ≥ 80</td></tr>
<tr><td>R3</td><td>R_L ≥ 150</td></tr>
<tr><td>R4</td><td>R_L ≥ 200</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

비고 1. 시멘트 콘크리트 포장 면에 시공할 때에는 타이닝 설치부분에 틈이 발생되므로 공간을 완전히 면처리 후 시공하여야 부착력을 확보할 수 있음
비고 2. 아스팔트 콘크리트 포장 면에 시공할 때에는 아스팔트 유분 등의 이물질을 완전히 제거 후 시공하여야 부착력을 확보할 수 있음
비고 3. 재귀반사도와 접착강도 기준값은 ASTM D4505-12 Preformed Retroreflective Pavement Marking Tape for Extended Service Life」 참조
비고 4. 접착강도 시험방법 : ASTM D1000-17 「Pressure-Sensitive Adhesive-Coated Tapes Used for Electrical and Electronic Applications」
비고 5. 미끄럼저항 시험방법 : ASTM E303-22 「Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester」

4 유리알 특성 및 기준

4.1 개요

유리알은 야간에 노면표시의 시인성을 높이기 위한 반사재료로 사용된다. 유리알을 도료에 혼입하거나 또는 도막면에 살포하여 노면표시의 재귀반사성능을 확보할 수 있다. 〈그림 2.4〉는 도료 위에 살포된 유리알 형상을 보여주고 있다.



〈그림 2.4〉 도료 위에 살포된 유리알 형상

4.2 유리알 제조방법 및 특성

1) 제조방법

도로 표지 도로용 유리알의 제조는 일반적으로 고온에서 유리의 점성과 표면장력을 이용하여 제조한다. 천연 유리(virgin glass) 상태나 이를 분쇄한 입자 또는 재생 유리를 분쇄한 입자를 가열하면 유리의 점도 변화가 생기며, 연화점(softening point)에서 표면장력에 의해 구(sphere) 형태로 변형되는데 이를 급랭하여 유리알을 제조한다.

유리알 제조 방법은 원료의 가공적 측면에서 직접 방식과 간접 방식으로, atomizing의 여러 방식으로 구형의 유리알로 제조하는 방법이 있다. 직접 방식은 유리를 용융하여 이를 작은 노즐을 통해 떨어뜨리거나 회전 플랫폼에 떨어뜨리며 중력과 원심력으로 유리 방울을 구형의 유리알로 만드는 방식이다. 노즐의 크기 또는 플랫폼의 회전 속도를 조절하여 유리알의 입경을 제어할 수 있다. 간접

방식은 유리를 구형화 하고자 하는 입경으로 분쇄하여 이를 열처리하여 유리알을 제조하는 방식이다. Rotary, Vertical, Horizontal type 등이 있다. 〈그림 2.5〉와 〈그림 2.6〉[16]은 유리알 제조방식을 보여주고 있다.

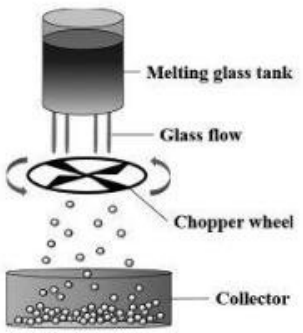
○ 직접 방식 Process :

천연 유리 (용해) → Beading (Atomizing) → 서냉 (Annealing) → Screening and Sorting → Coating → Quality Control → Packaging and Distribution

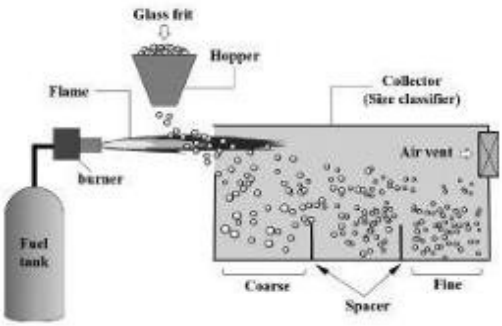
○ 간접 방식 Process :

천연 유리 or 재생 유리 → 분쇄 → Screening and Sorting → Beading → 서냉 (Annealing) → Screening and Sorting → Coating → Quality Control → Packaging and Distribution

창유리, 병유리 등의 재생유리를 원료로 사용할 경우 통상적으로 soda-lime 계의 1호 유리알(굴절률 1.5~1.64)을 제조할 수 있다. 고굴절률 유리알(2호~4호)을 제조하기 위해서는 BaO, TiO_2, ZnO, ZrO_2, PbO, SnO 등 굴절률이 높은 산화물을 원료로 사용해야 한다. 그러나 PbO는 유해물질로 분류되고 있어, 일반적으로 BaO와 TiO_2를 사용하여 BaO-TiO_2계 유리알을 제조한다.



〈그림 2.5〉 유리알 직접 제조방식(강병국 등, 2019)

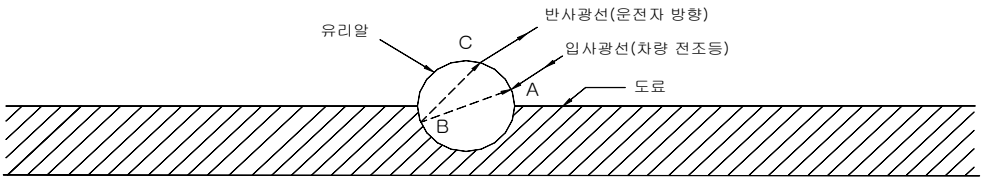


〈그림 2.6〉 유리알 간접 제조방식 (horizontal type) (강병국 등, 2019)

16) 강병국 등(2019), "도로표시 규정 및 글라스비드 동향과 자율주행차량 시대를 대비한 제언", 한국결정성장학회지, p233.

2) 유리알의 반사원리

유리알에 입사한 빛이 유리알의 내부에서 굴절하여 다시 광원으로 돌아가는 원리를 빛의 재귀반사라 한다. 즉, 야간에 자동차의 전조등이 노면표시를 비추었을 때 그 빛이 운전자 방향으로 되돌아감으로써 노면표시의 시인성을 높이게 된다. 〈그림 2.7〉에서 보듯이 자동차의 전조등 빛이 유리알의 표면 A점에 닿아서 일부는 표면 반사하고 대부분이 굴절하여 유리알 내로 입사하지만 경계면 B점에서 반사하여 유리알 내의 C점에 도달한다. C점에서 빛의 일부는 계면 반사하지만 대부분의 빛이 광원 방향으로 되돌아감으로써 재귀반사가 된다.



〈그림 2.7〉 재귀반사의 원리

3) 유리알의 특성

제조 공정 중에 제어되는 유리알의 특성은 본질적으로 화학적 및 물리적 특성이 포함된다. 유리알의 화학적 및 물리적 특성은 빛을 반사하는 정도에 큰 영향을 미치며, 이와 관련한 특성으로는 굴절률(refractive index), 입도(granulometry) 및 크기(size), 둥근 정도(roundness), 투명도(clarity) 등이 있다.

① 굴절률

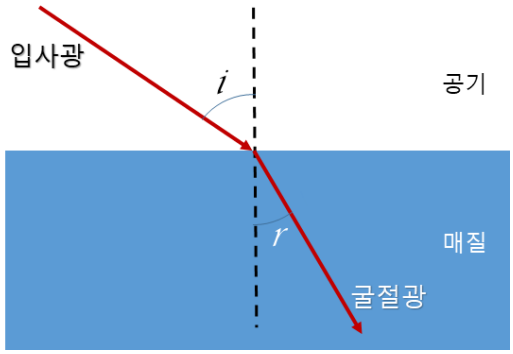
빛이 두 물질의 경계면을 지날 때, 빛의 진행 방향이 바뀌는 현상을 굴절(refraction)이라고 하며, 굴절률은 광물로 빛이 입사할 때 빛이 굴절되는 정도를 나타낸다. 〈그림 2.8〉에 나타낸 것과 같이 빛이 두 개의 다른 매질을 통과할 때 입사각과 굴절각은 서로 같지 않으며, 동일한 물질에서는 일정한 굴절각을

갖는다. 이것을 스넬의 법칙이라고 부르며, 다음과 같은 식으로 표현한다.

$$\text{굴절률, } n = \frac{\sin i}{\sin r}$$

일반적으로 진공의 굴절률은 1이며, 물은 1.333, 다이아몬드는 2.4를 나타낸다.

노면표시의 반사체 역할을 하는 유리알의 경우 굴절률이 증가할수록 더 많은 빛이 역반사되어 노면표시의 재귀반사도는 증가한다. 국내 유리알 KS 규격에서는 유리알의 굴절률 성능에 따라 1호~4호로 분류하고 있다(〈표 2.13〉 참조).



〈그림 2.8〉 빛의 반사와 굴절

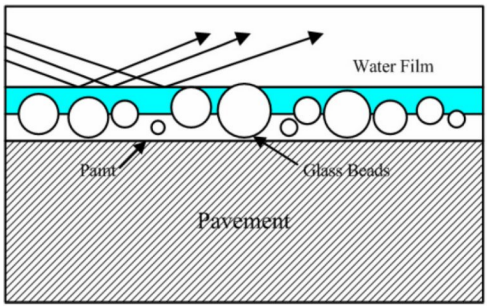
〈표 2.13〉 유리알 성능 기준(KS L 2521)

구분	굴절률	재귀반사성능
1호	1.5이상 ~ 1.64미만	
2호	1.64이상 ~ 1.80미만	
3호	1.80이상	18cd/(m²·lx)미만
4호	1.80이상	18cd/(m²·lx)이상

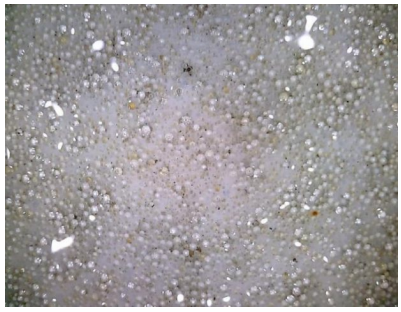
유럽 EN 1423 규격에서는 유리알의 굴절률을 3가지 등급으로 구분하여 적용하고 있다.

· Class A : 굴절률, n≥1.5
· Class B : 굴절률, n≥1.7
· Class C : 굴절률, n≥1.9

비오는 날, 도료와 유리알 위에 수막(water film)이 형성될 경우 자동차 전조등 빛이 수막에 정반사되어 빛이 산란되고 동시에 일부 빛이 유리알에 투과되더라도 재귀반사도가 급감하여 차선 시인성이 크게 저하될 수 있다. 〈그림 2.9〉[17]와 〈그림 2.10〉은 노면표시 위에 수막이 형성된 형상과 빛의 거동을 보여주고 있으며, 〈표 2.14〉[18]는 수막이 형성되었을 때 상대굴절률을 나타내고 있다. 표에서 나타낸 바와 같이 물속 상대굴절률이 공기 중 상대굴절률보다 작은 것을 알 수 있다. 또한 유리알의 굴절률이 증가함에 따라 물속 상대굴절률도 증가하는 추이를 나타내어 비오는 날 차선 시인성을 개선하기 위해 유리알의 굴절률을 높이는 것이 하나의 방안이 될 수 있다. 물론 유리알의 굴절률을 증가시킬 경우 재료 비용이 크게 증가할 수 있어 경제적 측면을 동시에 고려하여 재료를 선정할 필요가 있다.



〈그림 2.9〉 우천 시 수막에 의한 빛의 거동 모식도(이창근 등, 2012)



〈그림 2.10〉 수막이 형성되어 있는 노면표시

〈표 2.14〉 물과 공기 속에서 유리알의 상대굴절률(이창근 등, 2012)

유리알 굴절률(n_3)	공기중 상대굴절률 (n_3/n_1)	물속 상대굴절률 (n_3/n_2)
1.5	1.5	1.128
1.7	1.7	1.278
1.9	1.9	1.429
2.1	2.1	1.579
2.3	2.3	1.729
2.5	2.5	1.880
공기 굴절률, n_1 = 1.0 ; 물 굴절률, n_2 = 1.333		

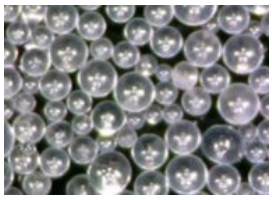
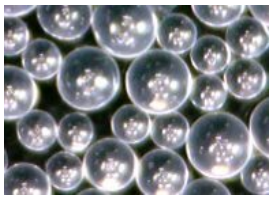
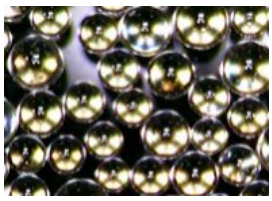
17) 18) 이창근 등(2012), "차선의 우천시 야간 시인성 향상을 위한 그라스 비드 적용 연구", 한국도로학회논문집, 제14권 제1호, p12~13.

② 유리알 입도와 크기

유리알의 크기는 용광로로 보내지는 원료의 크기에 영향을 받는다. 유리알의 크기가 굴절률에 영향을 미치지는 않는다. 이에 반해 유리알의 크기가 증가하면 노면표시의 재귀반사도가 증가하는데, 특히 젖은노면에서도 재귀반사도가 증가하는 경향을 나타낸다. 그러나 강우강도가 커서 수막두께가 증가할 경우 유리알 크기 증가에 따른 효과가 대부분 상쇄되어, 유리알 크기 증가만으로 젖은노면 재귀반사도 증진효과를 얻을 수는 없다. 또한 유리알의 입도 및 크기는 동일한 크기가 많이 분포될수록 재귀반사성능이 우수하다. 그러나 적정한 입도분포 내에서 다양한 크기의 유리알이 노면표시에 고착되는 경우 성능 유지 및 수명 측면에서 유리할 수 있다.

노면표시용 유리알 입도 규격은 KS L 2521에 가호, 나호, 다호로 구분되어 있다. 〈표 2.15〉[19]는 유리알 입도 규격별 형상을, 〈표 2.16〉은 유리알의 입도를 포함한 전체적인 품질기준을 보여주고 있다.

〈표 2.15〉 규격별 유리알 형상

	입도		
	가호	나호	다호
굴절률 1호			
굴절률 2호			

19) KS L 2521, “도로 표지 도료용 유리알”, p2.

〈표 2.16〉 유리알의 품질(KS L 2521)

<table>
<tr><th rowspan="2">항목</th><th colspan="3">종류</th></tr>
<tr><th>가호</th><th>나호</th><th>다호</th></tr>
<tr><td>비중</td><td colspan="3">2.4이상</td></tr>
<tr><td>입도</td><td>시험용 체 [a]
850㎛에 남는것(0~20)%b
850㎛를 통과하고
600㎛에 남는것(30~80)%
600㎛를 통과하고
300㎛에 남는것(5~35)%
300㎛를 통과하고
150㎛에 남는것(0~5)%</td><td>시험용 체 [a]
850㎛를 통과하고
600㎛에 남는것(20~50)%
600㎛를 통과하고
300㎛에 남는것(40~75)%
300㎛를 통과하고
150㎛에 남는것(0~5)%</td><td>시험용 체 [a]
1.7mm에 남는것(0~20)%
1.7mm에 통과하고
1.4mm에 남는것(0~5)%
1.4mm에 통과하고
850㎛를 남는것(25~95)%
850㎛를 통과하고
600㎛에 남는것(0~75)%
600㎛를 통과하고
300㎛에 남는것(0~3)%</td></tr>
<tr><td>겉모양</td><td colspan="2">구상의 입자로서 타원, 예각, 불투명, 공기 혼합물, 이물 및 입자 간의 융착 등의 결점이 있는 총계[c]가 20% 이하일 것</td><td>해당 없음</td></tr>
<tr><td>유리알 성능</td><td colspan="3">건조 상태
<table><tr><th>구분</th><th>굴절률</th><th>재귀반사성능</th></tr><tr><td>1호</td><td>1.50 이상 ~ 1.64 미만</td><td>-</td></tr><tr><td>2호</td><td>1.64 이상 ~ 1.80 미만</td><td>-</td></tr><tr><td>3호</td><td>1.80 이상</td><td>18cd/(m²·lx)미만</td></tr><tr><td>4호</td><td>1.80 이상</td><td>18cd/(m²·lx) 이상</td></tr></table>비고 3호와 4호는 굴절률과 재귀반사성능을 모두 만족하여야 함</td></tr>
<tr><td>방습 코팅</td><td colspan="3">코잉의 유 무를 확인할 것.</td></tr>
<tr><td>유해 물질</td><td colspan="3">비소(As) 200mg/kg 이하, 납(Pb) 200mg/kg 이하, 안티몬(Sb) 200mg/kg[d] 이하일 것</td></tr>
<tr><td>내수성</td><td colspan="3">0.01 N 염산의 소비량이 10mL 이하이고 유리알의 표면에 흐림이 없을 것</td></tr>
</table>

a KS A 5101-1에 규정하는 안지름 200mm 또는 150mm. 깊이 45mm 또는 60mm 시험용 체로서 위 표에서 규정한 눈 크기가 있는 것을 말한다.

b 질량 백분율(%)을 표시한다.

c 개수 백분율(%)을 표시한다.

d KS M ISO 3856-1 및 KS M ISO 3856-2, KS L 2308에 따라 측정한다.

표에서 알 수 있듯이 '나호' 입도가 가장 작은 유리알 크기를 나타내고, 그 다음 '가호' 입도, '다호' 입도가 가장 큰 유리알 크기를 나타내며, 각 체에 남는 잔류율을 통해 유리알 입도를 규정하고 있다. 각 입도 규격별 가장 많은 크기 분포를 나타내는 것이 '나호' 입도의 경우 300㎛, '가호' 입도의 경우 600㎛, 그리고 '다호' 입도의 경우 850㎛이다. 그러나 KS 규격은 각 체에 남는 잔류량의 범위를 너무 넓게 하여, 체 크기별 잔류량을 종합적으로 비교할 경우 일부 수학적 오류가 발견된다. 또한 전혀 다른 입도곡선을 나타내는 제품이 동일한 입도 규격으로 분류될 수 있는 한계를 가지고 있다(〈그림 2.12〉 참조). 이에 반해 AASHTO M 247의 경우 노면표시용 유리알의 입도를 총 6가지로 세분화해서 분류하고 있다(〈표 2.17〉, 〈그림 2.11〉[20] 참조) [21].

이에 본 매뉴얼에서는 이와 같은 문제를 일부 개선하고자 국도에 사용되는 노면표시용 유리알에 대하여 자체적인 유리알 입도 규격을 아래와 같이 제안한다. 해당 권고 규격은 KS 규격에 비해 입도 범위를 일부 줄인 것이다.

[국도 유리알 입도 규격(권장)]

○ 이 입도 규격은 일반적인 유리알(굴절률 1호와 2호) 사용 시 적용됨

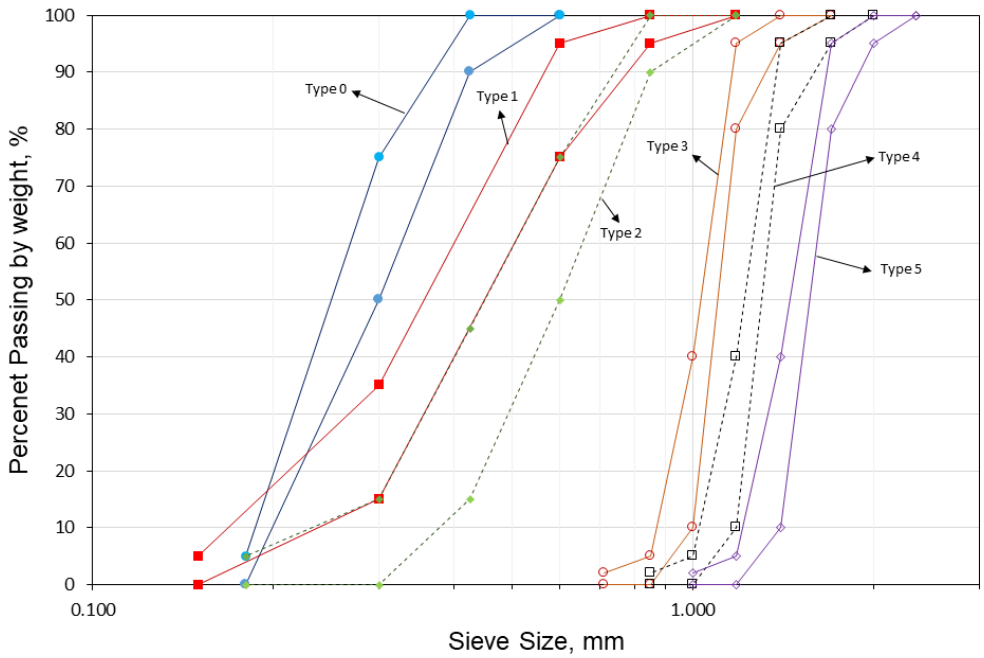
〈표 2.17〉 국도 유리알 입도 규격(권장)

체크기 (mm)	각 체에 남는 잔류율(%)					
	가호		나호		다호	
	KS	국도 (권고안)	KS	국도 (권고안)	KS	국도 (권고안)
1.70					0~2	**0~2**
1.40					0~5	**0~5**
0.85	0~20	**0~20**		**0~2**	25~95	**50~90**
0.60	30~80	**40~80**	20~50	**20~50**	0~75	**0~50**
0.30	5~35	**5~35**	40~75	**45~75**	0~3	**0~3**
0.15	0~5	**0~5**	0~5	**0~3**		

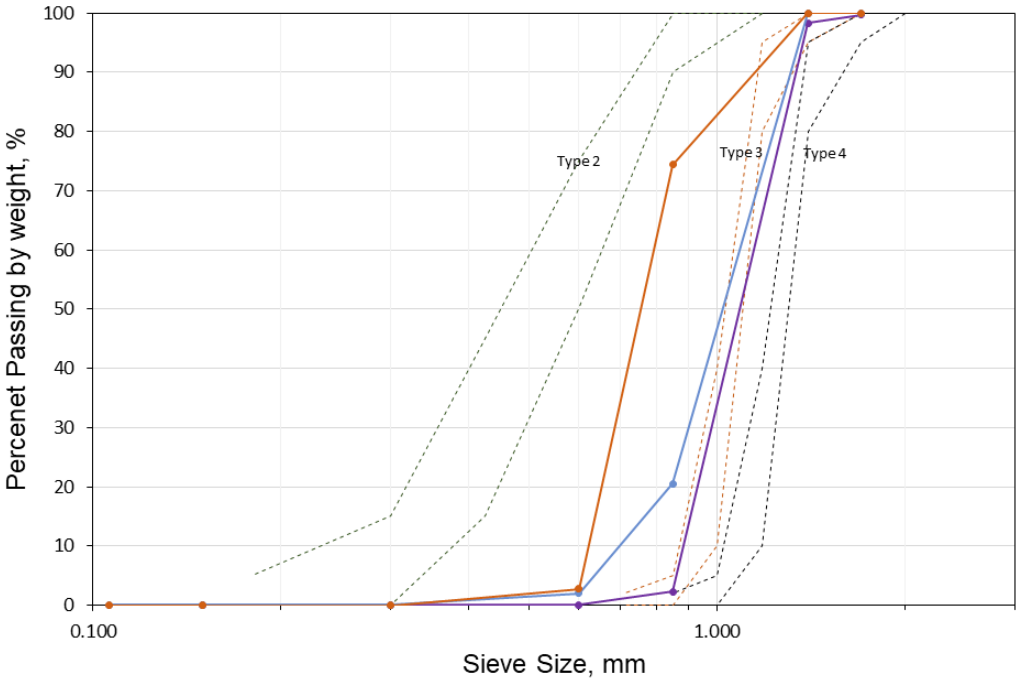
20) AASHTO M 247, "Standard Specification for Glass Beads Used in Pavement Markings", p2.
21) 향후 AASHTO와 EN 규격 검토 및 국내 유통되는 유리알 제품 특성을 고려하여 합리적인 입도곡선 규격 마련이 필요한 것으로 판단된다.

〈표 2.18〉 유리알 입도 기준(AASHTO M 247)

체 크기	누적 통과율											
	Type0		Type1		Type2		Type3		Type4		Type5	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
2.35											100	100
2.00									100	100	95	100
1.70							100	100	95	100	80	95
1.40							95	100	80	95	10	40
1.18			100	100	100	100	80	95	10	40	0	5
1.00							10	40	0	5	0	2
0.85			95	100	90	100	0	5	0	2		
0.71							0	2				
0.60	100	100	75	95	50	75						
0.425	90	100			15	45						
0.30	50	75	15	35	0	15						
0.18	0	5			0	5						
0.15			0	5								



〈그림 2.11〉 유리알 입도곡선(AASHTO M 247)



〈그림 2.12〉 국내 유리알 다호 제품 입도와 AASHTO 입도 규격 비교

③ 둥근 정도(roundness)[22]와 투명도(clarity)

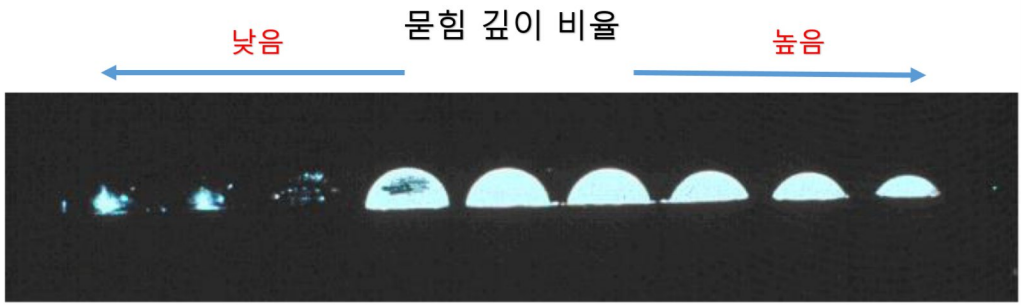
둥근 정도와 투명도는 빛을 역반사시키기 위해 유리알이 가져야 하는 주요한 특성이다. 도료위에 살포된 유리알의 진원도가 작을 경우 재귀반사성능이 감소한다. 또한 유리알의 투명도가 낮을 경우(이물질 또는 기포가 있는 경우) 빛의 일부가 투과되지 못하는 경향을 나타낼 수 있다.

22) 둥근 정도(roundness)는 물체의 모양이 수학적으로 완벽한 원의 모양에 얼마나 근접하는지를 의미함

4.3 유리알과 도료의 관계

유리알이 도료에 살포되어질 때의 잠긴 정도를 묻힘 깊이(embedment depth)라고 하며, 묻힘 깊이 비율[23]은 도료에 40~60%가 가장 적합하다고 알려져 있다. 유리알이 직경에 60%를 초과하여 노출될 경우(묻힘 깊이 비율 40% 미만) 탈리되기 쉽고, 40% 미만이 노출될 경우(묻힘 깊이 비율 60% 초과) 재귀반사성능이 저하되어진다.

Texas DOT의 'Pavement Marking Handbook'에서는 유리알의 묻힘 깊이 비율이 60%일 때 최대 재귀반사도를 얻을 수 있다고 보고하고 있다[24].



〈그림 2.13〉 유리알 묻힘 깊이에 따른 재귀반사성능 비교(Texas DOT, 2004)

도료위에 살포된 유리알의 고착량과 분산도 또한 재귀반사도에 영향을 미친다. 일반적으로 유리알의 고착량은 도료의 종류와 차선의 마모도를 고려하여 적용하는데, 유리알의 고착량이 너무 적으면 재귀 반사되는 빛의 양이 적고, 고착량이 과다하면 유리알 간격이 너무 좁거나 응집되는 현상으로 빛의 반사가 방해되어 재귀반사성능이 저하된다. 따라서 적절한 양의 유리알이 도료에 고착되고 균일한 분산이 이루어질 때 높은 재귀반사성능을 얻을 수 있다[25].

〈표 2.19〉는 노면표시의 재귀반사도와 수명에 미치는 영향인자를 나타내고 있다.

23) 묻힘 깊이 비율은 유리알 직경 대비 도료에 묻힌 깊이 비율을 의미한다.
24) Texas DOT(2004), "Pavement Marking Handbook", p3-13.
25) 현재까지 유리알의 적정 고착량과 분산 정도가 명확히 제시된 바 없으며, 향후 이에 대한 정량화 연구가 필요할 것으로 판단된다.

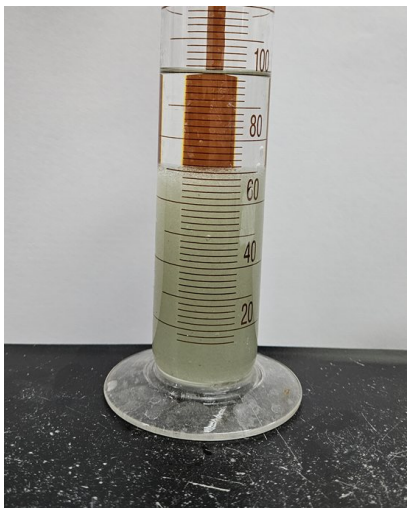
〈표 2.19〉 노면표시의 재귀반사성능 및 수명에 영향을 미치는 인자

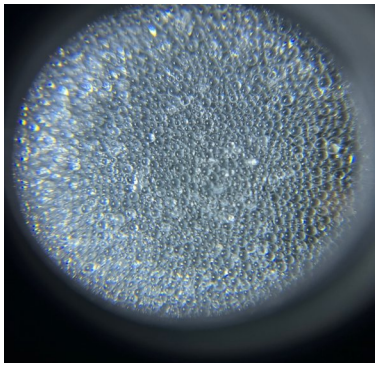
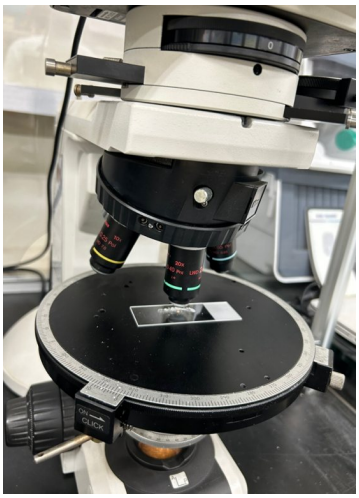
구 분	영향인자	내 용
유리알 (Glass Beads)	유리알의 고착량 (Amount)	· 도료에 고착된 유리알의 양을 의미함 (= 살포량-손실량) → 고착량에 따라 재귀반사도가 달라짐
	유리알의 분산도, 산포도 (Dispersion)	· 개별 유리알 사이에 거리 및 분산된 정도를 의미함
	유리알의 묻힘 깊이 (Embedment Depth)	· 유리알이 도료에 묻힌 깊이를 의미, 직경 대비 적정 묻힘 깊이 비율 40~60%
	굴절률 (Refractive Index)	· 빛이 유리알 재질에 통과되는 반사성능을 의미함
	입도 (Particle-Size Distribution)	· 유리알 입자들을 크기별 비율로 구분 (일반적으로 표와 그래프 형태로 표현) · 입도 크기는 중심 입도에 많은 양이 포함되는 것이 재귀반사성능에 유리 · 유리알의 중심 입도 크기는 도막두께 값에 비례함
	청결도 (Clarity)	· 청결도는 유리알 내 빛의 확산을 방지하기 위해 중요한 인자임
	둥근 정도(Roundness)	· 재귀반사 방향에 영향을 미침
차선 도료 (Binding Material)	색상(Color)	· 재귀반사성능 측면에서 노란색 보다 흰색이 우수
	도료의 종류(Type)	· 노면표시 수명에 영향을 미침
	도막두께(Thickness)	· 노면표시 수명에 영향을 미침
기타요소 (Other Factor)	도로포장의 표면상태 (Pavement Surface Condition)	· 노면 상태에 따라 도료의 부착력이 달라짐, 노면표시 수명에 영향을 미침
	포장의 종류	· 일반적으로 크게 콘크리트 포장, 아스팔트 포장으로 구분 · 아스팔트 포장에서는 밀입도 포장과 배수성 포장으로 구분 → 도로포장 종류에 따라 재료 설계 및 수명이 달라질 수 있음
	포장의 오염 정도	· 도로포장의 오염 상태에 따라 노면표시 수명이 달라질 수 있음

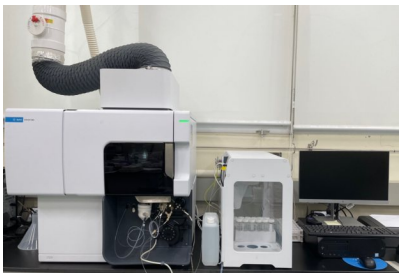
4.4 유리알 시험방법

KS L 2521에 규정되어 있는 유리알의 품질기준에서 각각의 항목에 대한 정의 및 방법을 아래와 같이 정리하였다.

〈표 2.20〉 유리알의 품질시험기준 항목 및 내용

시험 항목 및 내용	사진
[비중] ○ 정의 - 어떤 물질의 밀도와 표준 물질의 밀도와의 비 ○ 목적 - 유리알의 비중을 측정하기 위함 ○ 방법 - 100 mL 메스실린더에 자일렌을 100mL 눈금까지 채우고, 그 질량 W_a를 1g까지 정확히 단 후, 메스실린더 내의 자일렌을 비운다. - 다음에 약 100g의 시료의 질량 W_o를 1g까지 정확히 달아 이를 메스실린더에 넣고 자일렌을 100mL 눈금까지 채워서 그 질량 W_b를 1g까지 정확히 단다. - 계산식에 따라 비중을 구한다.	
[입도] ○ 정의 - 암석을 구성하고 있는 광물 알갱이의 크기. ○ 목적 - 유리알의 크기를 확인하기 위함. ○ 방법 - 105 ℃ ~ 110℃에서 항량이 될 때까지 건조시킨 시료 약 100g을 0.1g까지 정확히 달아 미리 준비한 시험용 체에 넣는다. - 다음에 이 시험용 체에 뚜껑을 덮어 로탑 시험기 또는 이에 준하는 시험기에 5분간	

시험 항목 및 내용	사진
흔든다. 그 후 시험용 체를 시험기에서 떼내어 각 시험용 체 및 받침 접시 위에 남은 시료를 0.1g까지 정확히 단다. - 계산식에 따라 입도를 구한다.	
[겉모양] ○ 방법 - 시료 약 1g을 투명한 유리판 또는 플라스틱판 위에 겹쳐진 것이 없도록 균일하게 펴서 시험편으로 하고, 스크린 지름 200mm이상의 확대 투영기 또는 현미경을 사용하여 중심 입자지름의 유리알 윤곽에 초점을 맞춰 투과광으로 20배 배율로 총 개수와 결점이 있는 것의 개수를 센다.	
[유리알 성능] ○ 정의 - 유리알의 굴절률 및 재귀반사 성능 ○ 목적 - 유리알의 굴절률 및 재귀반사 성능을 확인하기 위함 ○ 방법 - 슬라이드 유리판 위에 막자 사발로 분쇄한 유리알 미세 시편을 놓고, 굴절률 시험에 적합한 침액으로 한 방울 떨어뜨려 적신 것을 시험편으로 한다. 약 100배 배율의 현미경을 사용하여 베케라인의 이동을 관찰한다.	

시험 항목 및 내용	사진
[방습 코팅] ○ 정의 - 습기를 막는 코팅 ○ 목적 - 유리알의 방습 코팅 유무를 확인하기 위함. ○ 방법 - 빠른 결과가 필요할 때는 절차 A, 좀더 자세한 결과를 요구할 때는 절차 B에 따라 유리알의 코팅 유·무를 확인한다.	
[유해 물질] ○ 방법 - 유리알 시료는 플로오린화수소산 용액을 이용하여 완벽히 용해될 수 있도록 적정한 입자 크기 80㎛ 이하로 정제되어야하고 유리성분이 용액에 의해 완벽히 용해되면 유도 결합 플라즈마(ICP)를 이용하여 화학적 성분을 분석한다.	
[내수성] ○ 정의 - 수분을 막아 견디어 내는 성질. ○ 목적 - 물에 의해 유리알이 변질되는지 확인하기 위함 ○ 방법 - 시료 10.0g을 정확히 달아서 냉각기가 붙은 삼각 플라스크에 넣어 순수 100mL을 가하여 물중탕 안에서 1시간 가열한 다음 즉시 여과하여 유리알의 표면을 관찰한다. 거른액에 대하여는 냉각한 후 페놀프탈레인 지시약을 가하고 0.01N 염산용액으로 적정한다.	

5 노면표시 공용성능에 영향을 미치는 외부적 요인

5.1 개요

노면표시 재료의 성능에 영향을 미치는 요인으로는 「노면특성」, 「교통특성」, 「환경특성」 등이 있다. 노면표시 재료 선정 시 이와 같은 특성이 고려되어야 한다.

5.2 노면특성

일반적인 도로포장 형식은 아래와 같이 구분될 수 있다.

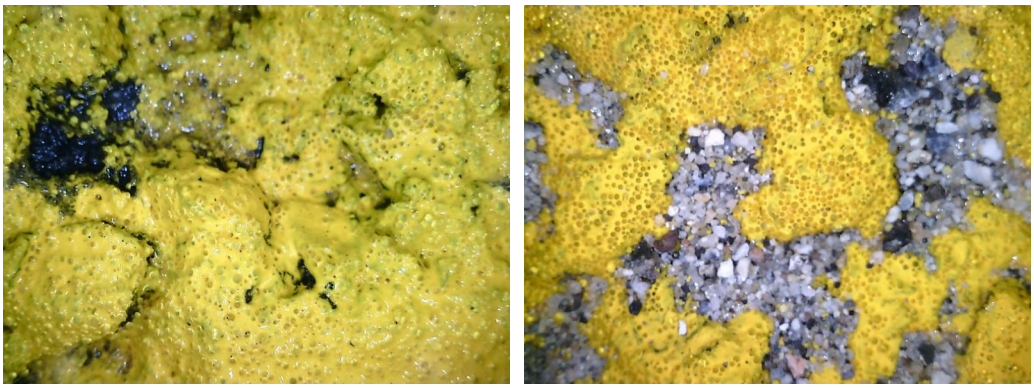
○ 아스팔트 콘크리트 포장
- 밀입도 아스팔트 콘크리트 포장
- SMA 포장
- 배수성 포장

○ 시멘트 콘크리트 포장

노면표시 공용성에 영향을 미칠 수 있는 도로포장의 표면 특성은 「표면 거칠기(roughness)」, 「열민감도(heat sensitivity)」 등이 있다.

(1) 표면 거칠기

거친 도로포장 표면에서 노면표시는 상대적으로 낮은 재귀반사도와 짧은 수명을 나타내게 된다. 도로포장 표면이 거칠다고 판단될 경우 상대적으로 도막두께가 두꺼운 4종 도료를 적용하는 방안을 검토할 필요가 있다. 〈그림 2.14〉는 거친 도로포장 표면에 노면표시가 설치된 형상을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 중간에 도막이 되지 않은 부분들이 존재하고 전반적으로 균질한 도색이 이루어지지 않는 것으로 볼 수 있다. 〈표 2.21〉은 거친 도로포장 표면에서 노면표시에 발생될 수 있는 문제점을 정리하였다.



〈그림 2.14〉 거친 도로포장 표면에서 노면표시 설치 형상

〈표 2.21〉 거친 도로포장 표면에서 노면표시의 문제점

문제	원인
전반적인 재귀반사도 감소	불규칙한 표면 때문에 일부 도료와 유리알이 표면의 공극 또는 빈공간으로 떨어지거나 손실되어, 노면표시의 재귀반사도가 감소하게 됨
상대적으로 표면이 돌출된 부위에 노면표시 내구성 낮음	해당 부위에 자동차 바퀴하중이 집중되어 노면표시의 마모가 증가함
유리알 손실이 큼	불규칙한 표면으로 인해 도막두께가 일정하지 않아 유리알이 적정 묻힘 깊이를 확보하지 못함

도로포장에 균열, 소성변형 등과 같은 파손이 진전되어 전반적으로 포장상태가 안 좋은 구간에 노면표시를 설치하는 경우, 상대적으로 노면표시의 성능이 저하되고 짧은 수명을 나타내게 된다.



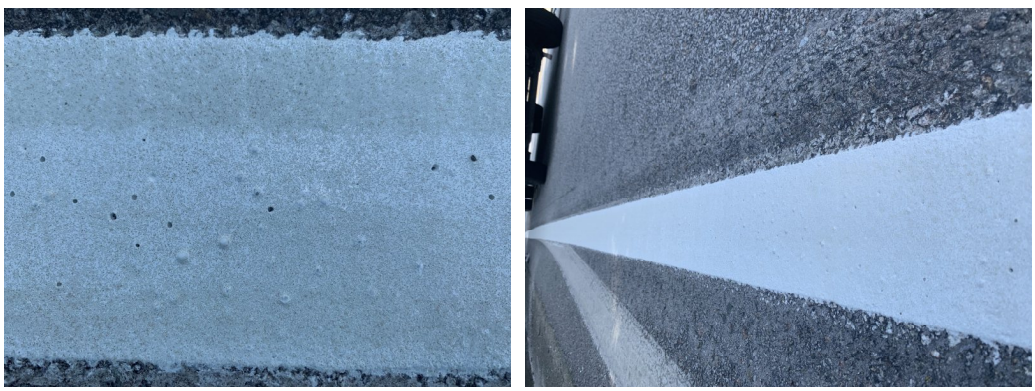
〈그림 2.15〉 포장상태가 안 좋은 구간에 노면표시 설치 형상

(2) 열민감도

도로포장 재료의 열민감도가 포장 표면과 가열형 노면표시 재료 사이의 부착특성(bonding characteristics)을 결정한다. 일반적으로 아스팔트는 약 70℃ 이상에서 점성액으로 거동하게 되는데, 4종 도료는 약 180~200℃ 범위까지 가열한 후 도로포장 표면에 설치된다. 이때 아스팔트 포장 표면과 4종 도료 사이 열접착(thermal bonding)이 이루어지게 된다. 다시 말해 4종 도료가 아스팔트와 함께 녹아서 밀착된 결합이 이루어져 좋은 부착성능을 확보할 수 있다는 것을 의미한다.

그러나 시멘트 콘크리트포장의 경우 가열된 도료가 설치되어도 열에 반응하지 않기 때문에 열접착 현상이 발생하지 않는다. 이러한 매커니즘은 콘크리트 표면과 도료와의 부착성능확보를 저해할 수 있다. 이에 4종 도료와 같은 가열형 도료를 시멘트 콘크리트포장에 적용하는 것은 분명한 한계가 있으며, 별도의 조치가 없는 경우를 제외하고 사용을 자제하는 것이 바람직하다.

아스팔트 기반의 표면처리재가 적용된 도로포장의 경우 가열형 도료가 양생되기 전에 블리딩(bleeding)이 발생하여 아스팔트 성분 일부가 도료 위로 떠 올라 영구적인 변색을 야기하는 경우가 종종 있다. 또한 포장도로에 수분이 잔존하는 경우 고온으로 도장하는 도료의 열로 인해 기포 및 핀홀(pin hole)[26]이 발생할 수 있으며, 높은 온도에서 도장할 경우 심화될 수 있다(〈그림 2.16〉 참조).



〈그림 2.16〉 노면표시 시공 직후 표면부 기포발생

26) 도장면에 바늘로 찌른 듯한 구멍이 생기는 현상

5.3 교통특성

교통량과 중차량비율은 노면표시 공용성에 큰 영향을 미친다. 교통량이 많고 중차량비율이 높은 구간에서 상대적으로 노면표시 수명이 짧다. 이에 일반적으로 저교통량 구간에는 공사단가가 낮은 2종 도료 적용 비율이 높고, 교통량이 많은 구간의 경우 내마모성능이 우수한 4종 또는 5종 도료를 적용하고 있다. 그러나 내마모성능이 우수한 도료 사용 시 공사단가가 증가하여, 여전히 2종 도료의 사용 비율이 높은 편이다. 향후 생애주기비용 분석 결과를 고려하여 구간특성에 맞는 합리적 재료 선정이 필요할 것이다.

5.4 환경특성

노면표시 공용성에 영향을 미치는 환경특성은 「시공 시 날씨 조건」, 「연중 기후」로 구분될 수 있다.

「시공 시 날씨 조건」과 관련된 인자로는 대기온도, 포장온도, 대기습도, 풍속, 노면습도 등이 있다. 여기서 대기온도, 포장온도는 도료가 적정하게 건조되고 양생되는데 최소 온도를 필요로 하기 때문에 중요한 인자이다. 대기습도도 도료의 건조 및 경화시간에 영향을 준다. 풍속은 건조시간에 영향을 주지만 유리알의 분산 및 고착에도 영향을 준다. 특히 강한 바람은 살포된 유리알이 도료에 균일하게 고착되는 것을 방해할 수 있다. 또한 노면표시 시공 시 포장 표면의 습도가 높은 경우 부착성능을 심각하게 저해할 수 있어, 노면이 건조한 상태에서 노면표시가 시공되어야 한다.

기후특성은 장기적으로 노면표시 성능에 영향을 미친다. 특히 눈이 많이 내리는 지역의 경우 제설작업에 의해 노면표시에 마모가 발생할 수 있다. 또한 장기간 강한 자외선에 노출될 경우 일부 노면표시 재료에서 색상이 변하거나 깨지는 현상이 발생할 수도 있다.

6 노면표시 재료 설계

6.1 재료 선정시 고려사항

노면표시 관리자는 해당 구간의 노면표시 종류, 교통특성, 환경특성, 포장상태, 교통사고발생율, 도로조명유무 등을 고려하여 한정된 예산 내에서 최적의 효과를 얻을 수 있는 노면표시 재료를 선정해야 한다. 노면표시 성능 DB와 과학적 의사결정체계가 없는 상황에서 현재 관리자의 경험에 기반하여 재료 선정이 이루어지고 있다. 다만 관리자가 노면표시 재료선택에 있어 최소한으로 고려되어야 할 사항을 본 매뉴얼에 제시하였다.

[노면표시 재료 선정시 고려사항]

○ 가로등과 같은 조명시설이 구비되어 있는 구간의 차선도색은 경제성 측면을 고려하여 도료와 유리알 재료를 선정할 수 있다.
○ 자동차 바퀴가 주기적으로 지나갈 가능성이 높은 평면 교차로 구간 내 노면표시의 경우 상대적으로 내마모성이 우수한 도료를 선정하는 것이 바람직하다.
○ 차선을 제외한 문자, 기호 등과 같은 노면표시의 경우 경제성 측면을 고려하여 도료와 유리알 재료를 선정할 수 있다.
○ 재도색 주기가 1년 미만인 구간의 경우 도료의 종류 또는 내마모도 등급을 상향 조정하여 재료를 선정할 필요가 있다.
○ 해당 구간의 교통 지체를 고려하여 노면표시의 양생시간을 결정하고, 이를 만족할 수 있는 도료를 선정해야 한다.
○ 유리알이 도료에 적정 깊이로 고착될 수 있게 유리알의 종류 및 크기를 결정해야 한다.

6.2 도료 호환성

일반적으로 노면표시 재도색 시 덧씌우기 방식을 가장 많이 적용한다. 이것은 기존 노면표시를 제거하는데 많은 비용이 소요되기 때문에 한정된 예산 내에서 최적의 효과를 내기 위한 방안으로 덧씌우기 방식을 채택하는 것이다. 다만 이와

같은 덧씌우기 방식을 적용하기 위해서는 기존 노면표시 재료에 대한 정확한 정보를 알고 있어야 하고 신규 재료와의 호환성 검토가 이루어져야 한다.

[도료 선정 시 호환성 고려(권장)]

○ 기존 노면표시 위에 덧씌우기 형식으로 재도색을 할 경우 기존 노면표시 도료와의 호환성이 중요하다. 이것은 재료의 부착성과 내구성에 영향을 미치기 때문이다.

○ 아래 표를 참조하여 재도색용 도료를 선정하는 것이 바람직하다[27].

○ 다만 아래 표에 포함되어 있지 않은 재료를 적용할 경우 시험적용을 통해 호환성 및 성능검증이 이루어져야 한다.

〈표 2.22〉 기존 도료와 재도색 도료와의 호환성(권장)

기존 도료		재도색 도료					
		2종 도료	4종 도료	5종 도료			
				아크릴	MMA	에폭시	폴리우레아
2종 도료		○	○	○	○	○	○
4종 도료		○	○	○	×	×	×
5종 도료	아크릴	○	×	○	○	×	○
	MMA	○	×	○	○	×	○
	에폭시	○	×	○	×	○	×
	폴리우레아	○	×	○	×	×	○

※ 테이프는 기존 노면표시를 제거하고 설치해야 함(덧씌우기 방식 적용 불가)



〈그림 2.17〉 노면표시 파손 형상(덧씌우기 도막층이 떨어져 나간 형태)

27) 도료 호환성의 경우 일부 항목이 국외 기준과 다른 부분이 있어, 추후 이에 대한 보완 연구가 필요함

6.3 도료 설계조건

교통량은 도료의 마모와 유리알 탈리에 영향을 미치는 주요한 인자 중 하나이다. 현재 국내에서는 교통량에 따른 도료의 종류를 선정할 수 있는 논리가 존재하지 않는다. 일반적으로 교통량이 적은 구간에 2종 도료를, 교통량이 많은 구간에 내마모성능이 우수한 4종 또는 5종 도료를 추천하고 있지만, 명확한 가이드라인이 부재한 상태이다. 이것은 기 언급한 바와 같이 노면표시 성능 관련 충분한 데이터가 없기 때문이다. 이에 한정된 예산 내에서 도로 이용자가 불편을 느끼지 않게 일정한 노면표시의 성능을 유지하기 위해서는 도로관리자의 세심한 관리가 필요하다.

도로관리자는 노면표시 설계 시 아래와 같이 도료의 건조시간과 도막두께를 고려하여 도료의 종류와 설계량을 결정해야 한다. 유리알 살포 설계양은 재귀반사도 기준을 만족하는 범위에서 결정되어야 한다. 일반적으로 유리알 규격 1호의 경우 0.46kg/m^2, 유리알 규격 2호의 경우 0.64kg/m^2로 설계되고 있으나, 경제성 측면을 고려하여 그 이하의 양으로 설계할 수도 있다.

[도료의 건조시간과 도막두께(권장)]

〈표 2.23〉 도료의 건조시간과 설계도막두께(권장)

도료	종류	건조시간 (권장사항)	설계도막두께 (권장사항)	비고
2종	수용성	20분 이상 0.10mm 경우	0.4 mm	
4종	융착식 (분사식)	3분 이상	1.5 mm	
	융착식 (낙하식)	3분 이상	2.0 mm	
5종	아크릴	10분 이상	0.6 mm	
	MMA	25분 이상	0.6 mm	
	에폭시	25분 이상	0.6 mm	
	폴리우레아	2분 이상	0.6 mm	
	돌출형	40분 이상	2.5±0.5 mm	

제3장

노면표시 구간 선정 및 시공

1. 개 요
2. 노면표시 정기조사 및 재도색 구간 선정
3. 노면표시 시공 및 품질관리

제3장

노면표시 구간선정 및 시공

1 개요

노면표시는 전체 공사비에서 재료비가 차지하는 비율이 약 95% 정도를 나타내어 재료비의 비중이 상당히 높은 공사 중 하나이며, 특히 재료의 성능이 노면표시의 성능과 가장 밀접한 관련이 있다. 그러나 노면표시 시공과정에서 발생되는 오차에 의해서도 노면표시 성능이 크게 변동할 수 있어, 시공과정 중 세심한 품질관리가 요구된다. 노면표시 기술은 현재 민간이 주도하에 많은 기술개발을 이루었지만, 그동안 품질관리 측면에서는 상세한 기준들이 마련되지 못하였다.

본 장에서는 노면표시 정기조사 및 재도색 구간 선정 기준, 시공방법 및 관리에 대한 상세한 내용들을 기술하였다. 특히 재도색 구간 선정기준, 시공장비 캘리브레이션, 시험도색 등에 대한 부분에서 명확한 가이드를 제시하고자 하였다.



〈그림 3.1〉 노면표시 유지관리 절차

2 노면표시 정기조사 및 재도색 구간 선정

2.1 노면표시 정기조사

노면표시의 성능평가는 재귀반사도 측정을 통해 이루어진다. 매년 재귀반사도 측정 정기조사를 통해 관리 구간의 노면표시 성능을 평가하고 유지관리 계획을 수립해야 한다.

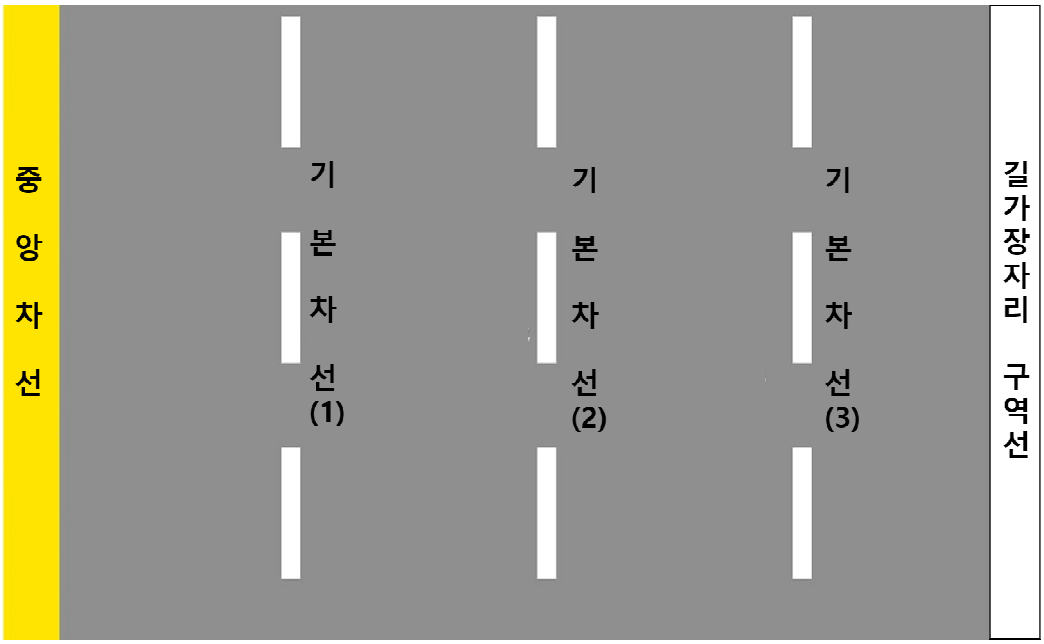
매년 1회 이루어지는 정기조사는 차량 부착형 이동식 장비를 이용하여 수행되며, 측정된 데이터는 국도 차선관리시스템(PMMS : pavement marking management system)에 업로드 해야 한다.

[노면표시 재귀반사도 측정 및 데이터 업로드 시기]

〈표 3.1〉 노면표시 재귀반사도 조사 시기

구 분	측정 시기	조사 장비	데이터 업로드 시기
준공검사시	- 차선도색공사 시공 7일 경과 후 측정	휴대용 /이동식	데이터수집 후 1개월이내
정기조사 (연1회)	- 매년 9월~11월 : 정기조사 (당해연도 재도색 완료 이후 정기조사 실시) ※ 조사목적 : 다음 연도 유지보수 물량 결정, 노면표시 내구성능 평가 등	이동식	당해연도 12월15일 까지
비정기조사 (수시)	- 차선도색 시인성 불량구간, 관리자의 판단, 민원 등	휴대용 /이동식	데이터수집 후 1개월이내

〈그림 3.2〉와 〈그림 3.3〉은 정기조사 대상 노면표시와 기본/부가차로 예시를 보여주고 있다. 정기조사는 노면표시 중 중앙선, 차선, 길가장자리구역선을 조사하며, 기타 노면표시(문자, 기호, 정지선, 횡단보도 등)는 조사대상에서 제외한다. 부가차로는 교차로 인근의 좌회전 차로, 오르막 차로 등이 있으며, 정기조사에서 부가차로로 인해 설치된 종방향 노면표시는 조사대상에서 제외하고 기본차로를 구성하는 종방향 노면표시만을 조사 대상으로 한다.



〈그림 3.2〉 정기조사 대상 노면표시



〈그림 3.3〉 기본차로와 부가차로(예시)

정기조사 시 이동식 장비의 재귀반사도 측정 간격을 100m 이하로 설정하여 측정해야 한다. 중앙선이 1개일 경우에는 상행선 조사 시 재귀반사도를 측정하고, 중앙선이 2개일 경우에는 상행선과 하행선 조사 시 각각 재귀반사도를 측정한다. 이동식 장비는 자동차 왼쪽에 설치하고 중앙선과 차선을 측정한다. 가장 오른쪽에 있는 길가장자리 구역선을 조사할 때는 자동차 오른쪽에 이동식 장비를 설치하여 측정한다.

2.2 재도색구간 선정

정기조사를 통해 측정된 노선별, 위치별 재귀반사도 데이터를 이용하여 재도색구간을 선정한다. 또한 비정기조사를 통해 재귀반사도를 평가하여 재도색구간을 선정할 수 있다.

[노면표시 재도색 구간 선정 기준]

(1) 「우선 재도색 대상 구간」은 다음 연도에 반드시 재도색이 이루어져야 하는 구간을 의미한다.

(2) 「동절기 성능저하 고려 재도색 대상 구간 기준」은 정기조사 이후 다음 연도 재도색 시기까지 재귀반사도 저하를 고려하여 설정된 기준을 의미한다. 해당 구간의 경우 예산 상황을 고려하여 재도색 유무를 결정할 수 있다.

(3) 구간선정을 위해 적용되는 재귀반사도는 100m~500m 연장 평균값을 사용한다 (구간 특성에 맞게 이 범위 내에서 연장 조정 가능).

〈표 3.2〉 노면표시 재도색 구간 선정 기준

구분	재귀반사도[mcd/(m² ·lx)]			
	흰색	노란색	파란색	빨간색
우선 재도색 대상 구간 기준	100 미만	70 미만	40 미만	23 미만
동절기 성능저하 고려 재도색 대상 구간 기준	150 미만	100 미만	60 미만	35 미만

3 노면표시 시공 및 품질관리

3.1 시공 안전대책 수립

노면표시 시공은 공용중인 도로 위에서 실시되는 경우가 많으므로 교통사고의 위험성이 높으며, 그 작업 단위가 비교적 작고 일정한 속도로 이동하면서 공사가 이루어지는 특성을 가지고 있어, 이에 적합한 안전대책이 마련되어야 한다.

1) 작업시간대

노면표시 설치 작업은 가능한 주간 시공을 원칙으로 한다. 야간에는 기존 표시가 잘 보이지 않아 정밀한 시공이 어려우며, 또한 교통사고 발생 우려가 있기 때문이다. 단, 주간에 교통량이 많아 상당한 정체가 예상되는 구간의 경우 경찰청과 협의하여 교통량이 적은 심야시간대에 설치 작업을 수행할 수 있다.

2) 작업자

노면표시 시공 시 작업자는 안전을 위하여 항상 규정된 작업복을 착용하여야 하며, 다음과 같은 항목에 유의하여야 한다.

- ○ 현장에 작업자의 안전 및 공사 전반을 관리하는 도급사의 공사책임자를 배치한다.
- ○ 작업자는 반드시 규정된 복장을 착용하고 작업에 임해야 하며, 공사책임자의 지시에 따라야 한다.
- ○ 시공 시 반드시 백색 또는 황색 등의 밝은색 작업복을 착용하여 작업원이라는 것을 먼 곳에서도 식별할 수 있도록 한다. 야간시공 시 반사성 작업복을 착용해야 한다.
- ○ 백색 또는 황색 헬멧(반사 테이프부착)과 작업화를 착용한다.
- ○ 시공 현장 앞뒤에 교통정리를 위한 통제수를 배치하고, 깃발 등 필요한 장비를 휴대하여야 한다.

3) 교통 처리

도로 사용자가 작업구역이라는 것을 한눈에 식별할 수 있도록 바리케이드, 라바콘, 안전표지 등을 설치하여 작업구역을 확보한다. 설치방법은 작업장소의 교통상황, 도로상황 및 시공방법 등을 고려하여 정하여야 한다.

① 교통 처리

- 도로사용자에게 작업의 소재를 인식시켜서 주의를 환기한다.
- 통행차량을 안전하게 유도하여 사고의 발생을 방지한다.
- 보행자를 안전하게 유도한다.
- 작업의 안전성을 꾀한다.
- 교통정체를 최소화하여 교통을 원활히 한다.

② 작업구역

- 깃발 : 적색(정지)과 백색(진행)을 권장한다.
- 라바콘 : 차량이 접촉 혹은 충돌하여도 원형으로 돌아가는 성질을 갖고 있어야 한다. 가볍고 휴대가 용이하여 시공장소의 교통 폐쇄, 통행대 유도, 공사의 예고, 시공 직후 도막의 건조를 위한 보호 등에 사용된다. 황색과 흑색의 줄무늬의 것이 많이 사용되고 있다. 또한 적색인 것, 적색과 백색 줄무늬인 것도 있다.
- 안전표지 : 노면표시 작업 전방에 작업 중임을 나타낼 수 있는 안전표지를 설치하며, 작업 구간의 가장 뒷부분에 위치한 작업차량의 후면에 경고등과 함께 부착하여 후속차량을 인도하기도 한다.

③ 작업보호차량에 의한 교통처리

자동화된 작업차량으로 노면표시 설치할 경우 작업보호차량을 사용하여 안전을 도모한다. 작업차량은 후속 차량이 작업차량임을 알 수 있는 적정 표지를 부착하여야 하며, 본래 용도 외에 관련 안전시설을 부착하여 작업보호 또는 주의 기능도 한다. 작업보호차량은 점멸 화살표지판이나 트럭 장착 완충시설을 부착하여 작업자와 해당 작업 및 관련 시설을 보호하는 기능을 한다.

④ 통제수에 의한 교통처리

노면표시 설치 중 교통통제의 여러 방법 중 운전자들에게 주의 및 방향 지시를 하기에 부적절하거나 특별한 주의를 요하는 경우 교통소통 및 작업자와 보행자의 안전을 지키기 위하여 통제수를 배치한다. 통제수는 일반 차량과 작업자의 안전을 책임져야 하므로 세심한 주의가 필요하며, 교통에 대해 노출 빈도와 충돌 심각도가 크므로 적정 교육을 받은 사람이 적정 복장과 휴대 장구를 한 상태에서 적정 위치에 배치되어 임무를 수행해야 한다. 전방에 예고표지를 설치하여 교통통제수가 근무중임을 운전자에게 사전 인식시켜야 한다. 통제수는 필히 고휘도 야간 반사 복장을 착용하여 주행중인 운전자가 쉽게 식별할 수 있도록 해야 한다. 통제수는 노면표시 공사구간 전방 30m~50m 지점에 1~2명을 배치한다. 기타 통제수에 관한 상세내용은 국토교통부 「도로 공사장 교통관리지침(2018)」을 참고한다.

4) 위험물 취급

노면표시의 시공에는 화재의 위험이 있는 도료나 프라이머 등이 사용되고, 가스류, 용제 등이 사용되므로 취급에 주의하여야 한다. 노면표시 시공 시 「산업안전보건법」, 「산업안전보건기준에 관한 규칙, 제2편 안전기준, 제2장 폭발·화재 및 위험물 누출에 의한 위험방지(제225조~제300조)」를 반드시 준수해야 한다. 〈표 3.3〉은 산업안전보건기준에 관한 규칙을 참조하여 노면표시 시공장비의 안전점검사항을 정리한 것이다. 또한 시공 시 주의하여야 할 사항을 〈표 3.4〉에 요약하였다.

계약자는 본 공사를 착수하기 전에 산업안전보건법 제36조 (위험성평가의 실시)에 따라 근로자를 참여시켜 건설물, 기계·기구, 설비 등의 유해·위험요인을 스스로 찾아내어 이를 평가하고 개선대책을 수립·시행하여야 하며, 감독원이 위험성평가 결과를 점검하고 필요한 보완 조치를 요구할 경우 이에 따라야 한다. 계약자는 착공후 2주일 이내에 위험성평가를 실시하고 그 결과를 감독원에게 제출하여야 하며, 이행점검은 계약자로부터 위험성 평가 결과 접수 후 2주일 내로 시행하도록 노력하여야 한다. 위험성평가에 관한 사항은 산업안전보건법에 따르며 작성시 안전보건공단에서 제공한 위험성평가 규정 및 지침을 참조한다.

〈표 3.3〉 노면표시 시공장비 안전점검사항(산업안전보건기준에 관한 규칙 참조)

항목	내용
누수확인	○ 위험물을 액체 상태에서 호스 또는 배관 등을 사용하여 화학설비, 탱크로리, 드럼 등에 주입하는 작업을 하는 경우, 그 호스 또는 배관 등의 결합부를 확실히 연결하고 누출이 없는지를 확인한 후에 작업을 해야 함
부식방지	○ 화학설비 또는 그 배관 중 위험물 또는 인화점이 섭씨 60도 이상인 물질이 접촉하는 부분에 대해서 부식이 잘되지 않는 재료를 사용하거나 도장등의 조치를 취해야 함 ○ 해당 부분이 부식될 경우 폭발·화재 또는 위험물 누출 우려가 있음
덮개 등의 접합부 처리	○ 화학설비 또는 그 배관의 덮개·플랜지·밸브 및 콕의 접합부에 대해서는 접합부에서 위험물질이 누출될 경우 폭발·화재 또는 위험물 누출 우려가 있음 ○ 이를 방지하기 위해 적절한 개스킷(gasket)을 사용하여 접합면을 밀착시키는 등의 적절한 조치를 해야 함
밸브 재질 및 개폐방향 표시	○ 화학설비 또는 그 배관의 밸브와 콕에는 개폐의 빈도, 위험물질 등의 종류·온도·농도 등에 다라 내구성이 있는 재료를 사용해야 함 ○ 또한 이 밸브와 콕 또는 이것을 조작하기 위한 스위치 및 누름버튼 등에 대하여 오조작으로 인한 폭발·화재 또는 위험물 누출을 방지하기 위하여 열고 닫는 방향을 색채 등으로 표시하여 구분되도록 해야 한다.
공급 원재료의 종류 표시	○ 화학설비에 원재료를 공급하는 근로자의 오조작으로 인하여 발생하는 폭발·화재 또는 위험물 누출을 방지하기 위하여, 근로자가 보기 쉬운 위치에 원재료의 종류, 원재료가 공급되는 설비명을 등을 표시해야 함
안전밸브 등 설치	○ 과압에 따른 폭발을 방지하기 위하여 폭발 방지 성능과 규격을 갖춘 안전밸브 또는 파열판을 설치해야 함

〈표 3.4〉 노면표시 시공 시 주의사항

	항목	사고 예
화기재해	·이동 중 설치 시공기의 소화 방치 ·담배꽁초 방치 ·어스(earth)[1] 불량 ·연료급유시 소화 잊음	·프라이머에 인화하여 차량 화재 ·시너에 인화 ·인화 폭발 ·인화 폭발
기타	·작업복 불량 ·부주의, 기계의 조잡한 취급 ·가압장치의 취급 부주의 ·분무시의 풍향	·회전부에 의한 감김 또는 안전사고 ·작업불량 및 안전사고 ·폭발 ·주행차량에 도료 연무 부착

3.2 시공장비 점검 및 캘리브레이션

수급인은 시공에 사용할 차선도색 장비의 기종 등을 기재한 차선도색장비 사용계획서 및 인력투입계획서를 제출하여 감독자의 승인을 받아야 한다. 차선도색장비의 경우 자가/임대 여부를 반드시 기재하여야 한다.

감독자는 아래와 같은 사항을 반드시 점검하여야 한다.

[시공장비점검 사항]

○ 기계식 차선도색 시공장비의 경우 도료를 교반할 수 있고 노즐(또는 개구부)을 통해 일정한 압력으로 도료를 살포할 수 있는 분사식(또는 낙하식)이어야 하며, 도료 탱크는 기계식 진동기를 갖추고 있어야 한다.

○ 각 노즐은 규정된 비율로 균일하게 유리알을 살포할 수 있는 노즐과 살포기를 갖추고 있어야 한다.

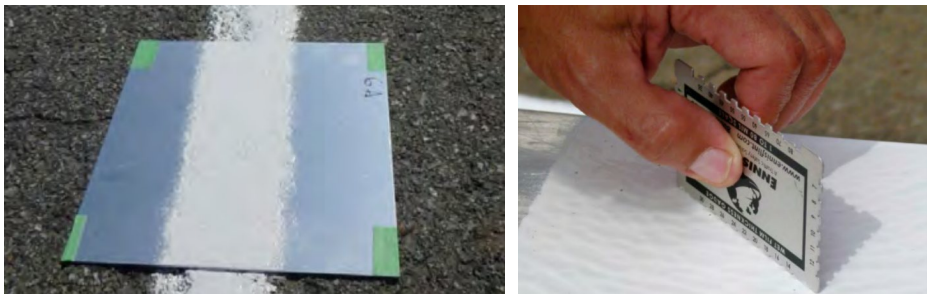
○ 작업장 안전관리에 투입되는 안전차량에는 차선도색 작업에 필요한 자재(페인트, 시너, 유리알)를 적재한 상태로 운행하여서는 안 된다.

감독자의 시공장비점검을 마친 후, 시공장비 캘리브레이션을 실시한다. 캘리브레이션은 압력게이지 조정에 따른 재료 토출량을 측정하고 설계양에 맞게 재료가 토출될 수 있도록 압력게이지를 세팅하는 작업을 의미한다. 도막 두께를 확인할 경우 도로 노면 위에 설치된 철판에 시공장비가 도료를 분사한 후 도막 두께를 측정한다. 도료가 양생되기 전(wet 상태)에 도막두께 측정자를 분사된 도료위에 90°로 누른다(〈그림 3.4〉[2] 참조). 이때 측정자에 묻어난 도료를 확인하여 도막두께를 결정한다. 〈그림 3.5〉[3]는 도막두께 측정예를 보여주고 있다. 그림에서 보면, 406㎛ 위치에는 도료가 묻어 있지만, 457㎛ 위치에는 도료가 묻어 있지 않다. 이때 도막두께는 이 값들의 평균값을 사용하여 432㎛로 결정된다. 도막두께 확인 방법으로 도료 살포 전후의 철판 무게 측정을 통해 도막두께를 계산할 수도 있다.

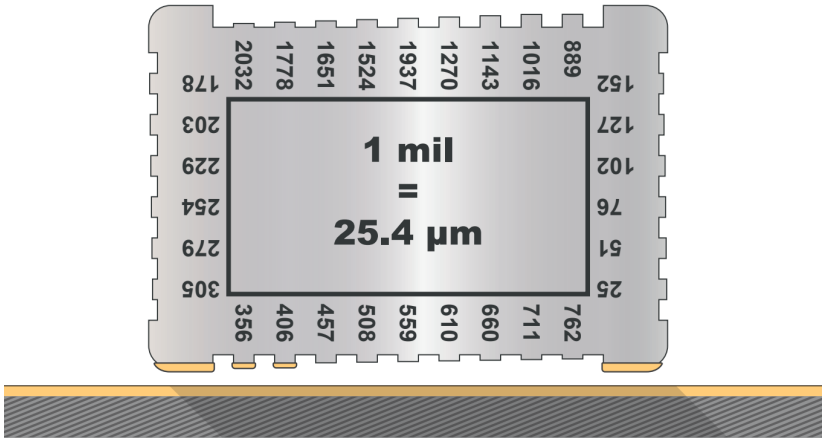
유리알 살포량은 정해진 시간에 토출되는 유리알의 무게를 측정하여 시공장비

1) 어스(earth)는 접지라고 하며 감전에 의한 사고를 방지하기 위한 대책으로 전기용품 등의 금속케이스
2) 3) Gouverne du Quebec(2019), "Pavement Marking Technical Manual", p49~50.

속도에 따른 살포량으로 환산하여 설계양과 일치 여부를 확인한다. 설계양과 일치하지 않을 경우 토출압력을 변화시켜 반복측정을 실시한다(〈그림 3.6〉 참조).



〈그림 3.4〉 Wet 상태에서 도막두께 측정(Gouvernement du Quebec, 2019)



〈그림 3.5〉 도막두께 계산예(Gouvernement du Quebec, 2019)



〈그림 3.6〉 유리알 토출량 측정

3.3 시험도색

시공장비에 대한 점검 및 캘리브레이션이 완료된 후, 수급인은 노면표시 시공에 앞서 공사감독자의 입회하에 2km 연장으로 시험도색을 실시한다[4]. 본 시험도색은 차량형 기계식 시공장비만을 대상으로 한다. 시험도색의 목적은 시공장비성능을 확인하고 도색 후 품질성능이 확보되는지 여부를 판단하기 위함이다. 시험도색은 가능한 직선구간으로 선정하여야 한다.

시험도색 후 공사감독자와 수급인은 4가지의 품질평가를 수행해야 한다.

[시험도색 품질평가]

○ 최초 제출된 도료와 유리알의 시험성적서를 확인하고, 현장에 도착한 도료와 유리알을 육안으로 확인한다. 만약 감독자가 추가적인 재료성능 확인이 필요하다고 판단할 경우, 재료를 샘플링하고 공인시험기관에 의뢰하여 기준 만족 여부를 확인할 수 있다.

○ 도막이 건조된 상태에서 도막두께를 측정한다(〈그림 3.7〉 참조).

○ 육안으로 도막상태, 유리알 분포 및 묻힘 깊이를 관찰한다. 이때 돋보기, 핸드폰 카메라를 이용할 수 있다.

○ 휴대용 측정장비를 이용하여 재귀반사도를 측정한다.

도막두께 측정과 유리알 관찰의 측정 주기는 공사감독자 판단하에 결정한다. 유리알 관찰의 경우 정량적 수치를 산출할 수는 없지만 유리알의 응집 및 묻힘깊이가 과도한 경우 정성적 평가가 가능하다(〈그림 3.8〉, 〈그림 3.9〉 참조). 공사감독자는 도막두께(오차범위 ±10% 이내)가 설계와 맞지 않거나 도료에 고착된 유리알이 적정하지 않다고 판단되는 경우 수급인과 협의하여 원인 진단 및 해결방안을 모색해야 한다. 건조상태에서 측정된 노면표시 두께는 유리알 직경을 고려하여 계산되어야 한다. 고착된 유리알의 상태 및 형상에 문제가 없다고 판단할 경우(정성적 평가) 묻힘깊이비율을 40~60%로 가정하여 노면표시 두께를 계산할 수 있다.

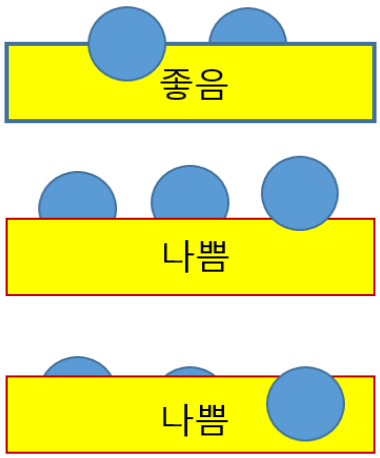
4) KCS 44 60 05「도로안전시설공사(2023)」p40에서 "수급인은 노면표시의 시공에 앞서 가열형 및 상온형을 공사감독자의 입회하에 각 2 km씩 시험도색을 실시하여 장비성능을 확인하여야 한다."라고 기술되어 있다.



〈그림 3.7〉 건조상태에서 도막 두께 측정



〈그림 3.8〉 유리알의 응집 및 묻힘 깊이 문제



〈그림 3.9〉 유리알 묻힘 상태 비교

시험도색 후 휴대용 측정장비를 이용하여 100m 간격으로 재귀반사도를 측정한다. 이동식 측정장비를 이용할 경우 100m 간격 이내로 재귀반사도를 측정한다. 이 값들의 90% 이상이 기준치를 만족해야 하며, 또한 평균값이 기준치를 만족해야 한다. 기준치를 만족하지 못하는 경우 공사감독자는 수급인과 협의하여 원인 진단 및 해결방안을 모색해야 한다. 이후 추가 시험도색을 실시하여 기준치 만족 여부를 다시 확인해야 한다.

3.4 노면표시 시공

1) 개요

시험도색 후 장비 및 품질에 이상이 없는 경우 본 시공에 들어갈 수 있다. 기존 공용중인 구간에 노면표시를 시공할 경우 기존 노면표시 위에 덧씌우는 방법과 기존 노면표시를 제거한 후 설치하는 방법으로 구분할 수 있다.

2) 기존 노면표시 제거

노면표시를 제거하기 위해서는 사용된 도료의 유형 및 기타 도로 조건에 따라 제거방법의 적절한 조합이 필요하다. 노면표시의 제거방법에는 그라인딩 방식, 블라스트 방식, 워터젯 방식 등이 있다. 포장 표면위에 설치된 노면표시를 제거할 때 가장 유의해야 할 점은 노면 상태에 미치는 영향을 최소화하는 것이다. 다시말해 노면의 손상을 최소화하고 적절히 제거할 수 있는 방법으로 노면표시를 제거해야 한다.

① 그라인딩(Grinding) 방식

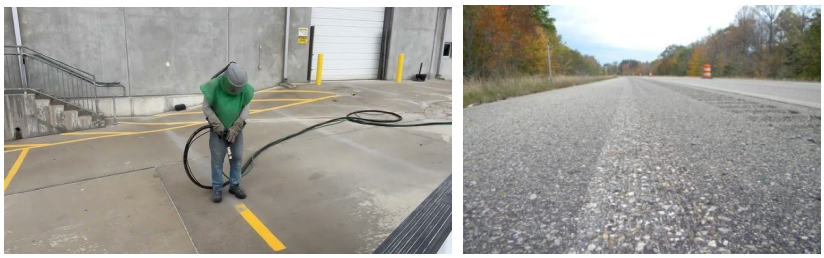
특수강으로 제조된 커터 블레이드로 도막을 깍아내는 방법이다. 도로의 종별, 노면표시의 거칠기 등에 따라 블레이드를 선택하여 사용할 수 있으나 기타 방법에 비해 노면의 손상이 심한 편이다. 잔해물을 자동으로 흡입할 수 있는 진공시스템이 설치된 장비를 사용하는 것이 바람직하다. 그라인딩 방식의 경우 도색 전에 잔해물에 대해 주의를 기울어야 하며, 충분히 제거되지 못했다고 판단하면 추가적인 청소가 수반되어야 한다.




〈그림 3.10〉 그라인딩 방식 차선 제거 장비

② 블라스트(Blasting)[5] 방식

포장 표면이 거칠고 구멍이 많은 경우에 효과적인 방법이다. 블라스트 방식에서 가장 중요한 것은 분무 입자의 선택이다. 규사나 연마제 등의 광물 입자를 투사하는 것을 샌드 블라스트(sand blast), 철가루나 커트 와이어를 투사하는 것을 쇼트(shot) 블라스트라고 한다. 적정한 입자를 사용한다면 노면을 거의 손상하지 않고, 요철이 있는 경우에도 완전히 소거할 수 있다는 점에서 다른 방법보다 우수하다고 평가된다.



〈그림 3.11〉 샌드블라스팅(sand blasting)에 의한 차선 제거

③ 워터젯(Water-Jet) 방식

초고압수를 이용하여 노면표시를 제거하는 방법이다. 환경오염, 경제성 등에서 우수한 노면표시 제거방법이다. 포장표면에 거친 요철이 있는 경우에도 노면을 손상하지 않고 완전히 제거할 수 있다는 점에서 다른 방법보다 특히 우수하다. 그러나 물을 사용하기 때문에 노면이 충분히 건조되는데 시간이 필요하며, 노면을 충분히 건조시키지 않은 상태에서 노면표시를 설치할 경우 조기에 성능이 저하는 되는 현상이 일어날 수 있다.



〈그림 3.12〉 워터젯 방식 차선 제거 장비

5) 제품이나 재료의 표면에 모래, 강(鋼) 쇼트, 그릿, 모래나 규석 입자 등의 연마재를 첨가한 물 등을 압축 공기 또는 기타의 방법으로 강력하게 분사하여 스케일, 녹, 도막(塗膜) 등을 제거하는 것을 말한다(네이버지식백과).

3) 노면 청소

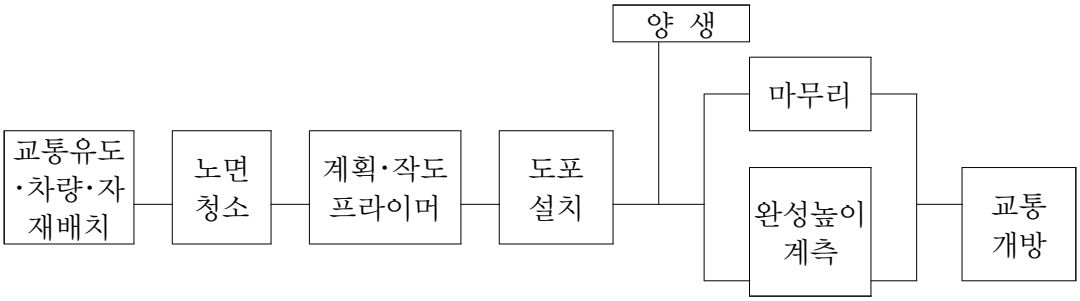
노면 위 도료접착의 방해가 되는 물질(쓰레기, 모래, 진흙, 기름, 수분 등)을 제거한다. 특히 수분은 강제적으로 건조 제거하거나 건조할 때까지 기다려야 한다. 청소에는 빗자루, 브러시를 사용한다. 청소가 불충분한 경우에는 프라이머의 접착 불량을 일으켜서 벗겨짐의 원인이 될 수 있다.

4) 계획(작도)

교통처리를 하고 교통의 안전을 확보한 후, 설치위치를 정하는 계측을 실시한다. 가장 중요한 것은 노면표시 종류 및 내용을 파악하는 것이다. 도로교통법에 정해진 도형과 의미를 이해하며 설계의 의도를 판별하여야 한다. 계측은 측량용구 및 초크 등을 사용하여 노면에 표시한다.

5) 2종 수용성 도료 시공

2종 수용성 도료는 아스팔트와 콘크리트 노면에 부착력이 뛰어나고 내마모성이 우수하여 내후성, 내충격성, 내수성 등이 좋은 도료이다. 수용성 도료를 가열 설치할 경우 속건성으로 건조시간을 단축시킬 수 있다. 다음 〈그림 3.13〉은 수용성형 공법의 시공 흐름도를 나타낸 것이다. 2종 도료는 원액 그대로 도포하며 사용기계, 기온, 기후 등에 따라서 양생시간의 차이가 발생할 수 있으며 양생시간 동안에는 교통안전 및 소통에 주의하여야 한다.



〈그림 3.13〉 수용성 도료의 시공 흐름도

2종 수용성 도료의 시공방법은 롤러방식과 스프레이방식으로 구분할 수 있다. 〈그림 3.14〉는 2종 도료 시공 방법을 보여주고 있다.



〈그림 3.14〉 2종 도료 시공(좌:롤러방식, 우:스프레이방식)

수용성 도료는 온도와 습도에 민감한 특성을 가지고 있다. 저장된 물질이 얼거나 극심한 열로부터 보호되도록 예방 조치를 취해야 한다. 수용성 도료는 높은 습도에 매우 민감하여 건조시간이 크게 늘어날 수 있다. 반대로 습도가 낮으면 건조시간이 더 빨라진다.

수용성 도료 시공 시 주의사항으로, (ⅰ) 노면청소 철저/노면건조상태 확보, (ⅱ) 충분한 양생, (ⅲ) 콘크리트포장의 경우 레이턴스 제거, (ⅳ) 건조 확인 후 교통개방 등이 있다. 수용성 도료 적용 시 나타날 수 있는 도막 결함 원인 및 해결방안을 〈표 3.5〉에 나타내었다. 또한 유리알 살포 시 해결방안에 대해 〈표 3.6〉에 나타내었다.

〈표 3.5〉 수용성 도료 공법의 시공결함과 해결방안

문제	원인	영향	해결방안
과도한 두께 (전체)	· 도료 탱크 압력이 너무 높음 · 도료 살포 건(gun) 체적 조절장치가 너무 넓게 조정되어있음 · 펌프압력이 너무 높음 · 시공장비 속도가 너무 느림	· 유리알 묻힘 깊이 비율이 큼 : 초기 재귀반사도 크게 저하 · 건조시간이 오래 걸림 · 도료가 적정히 양생되지 않아, 수명이 단축됨	· 탱크 압력을 줄여야 함 · 도료 살포 건(gun) 체적 조절장치를 재조정 · 펌프 압력을 줄여야 함 · 시공장비 속도를 높여야 함

문제	원인	영향	해결방안
과도한 두께 (중간부분만)	· 도료 탱크 압력이 너무 높음 · 도료 살포 건 체적 조절장치가 너무 넓게 조정되어있음 · 펌프압력이 너무 높음 · 분무 공기압이 꺼져 있거나 너무 낮음 · 살포 건(gun) 팁(tip)에 재료가 쌓임	· 유리알 묻힘 깊이 비율이 큼 : 초기 재귀반사도 크게 저하 · 건조시간이 오래 걸림 · 도료가 적정히 양생되지 않아, 수명이 단축됨	· 탱크 압력을 줄여야 함 · 도료 살포 건(gun) 체적 조절장치를 재조정 · 펌프 압력을 줄여야 함 · 분무 공기압을 증가시켜야 함 · 살포 건 팁을 청소해야 함
불충분한 두께	· 도료 탱크 압력이 너무 낮음 · 도료 살포 건 체적 조절장치가 너무 좁게 조정되어있음 · 시공장비 속도가 너무 빠름 · 분무 압력이 너무 높음 · 살포 건 팁에 재료가 쌓임	· 품질저하, 수명단축 · 유리알이 적정하게 고착되지 못함	· 탱크압력을 증가시켜야 함 · 살포 건 체적조절장치 재조정 · 시공장비 속도를 줄여야 함 · 분무 공기압을 감소시켜야 함 · 살포 건 팁을 청소해야 함
건조되지 않음	· 도로 노면 온도가 너무 낮음 · 높은 습도 · 유통기한이 지난 재료	· 자동차 통과시 바퀴에 도료가 묻어남 · 재귀반사도 확보 어려움	· 교통차단 연장 · 도로 노면 온도 확인 · 도료 제조일자 확인
선의 폭이 넓게 시공됨	· 도료 살포 건이 너무 높음 · 마모되거나 손상된 살포 건 팁	· 선의 폭 기준을 만족할 수 없음 · 선의 끝부분이 흐릿함	· 살포 건을 낮추어야 함 · 살포 건 팁 수리 또는 교체 필요
선의 폭이 좁게 시공됨	· 살포 건이 너무 낮음 · 살포 건 팁이 노면과 90도가 아님 · 스프레이건이 막힘	· 선의 폭 기준을 만족할 수 없음 · 전체적인 시인성 저하	· 살포 건을 높여야 함 · 살포 건 팁 위치 재조정 · 살포 건 팁을 청소해야 함
고르지 않은 선	· 분무 공기압이 너무 낮음 · 도료 탱크 압력이 너무 낮음 · 오래된 도료(점도가 높음) · 느슨하게 장착된 살포 건	· 선모양 안 좋음 · 선 끝부분이 흐릿함 · 건조시간이 느림	· 분무 공기압을 증가시켜야 함 · 도료 탱크 압력을 증가시켜야 함 · 탱크에 저장된 도료를 교반시켜야 함 · 살포 건을 고정해야 함

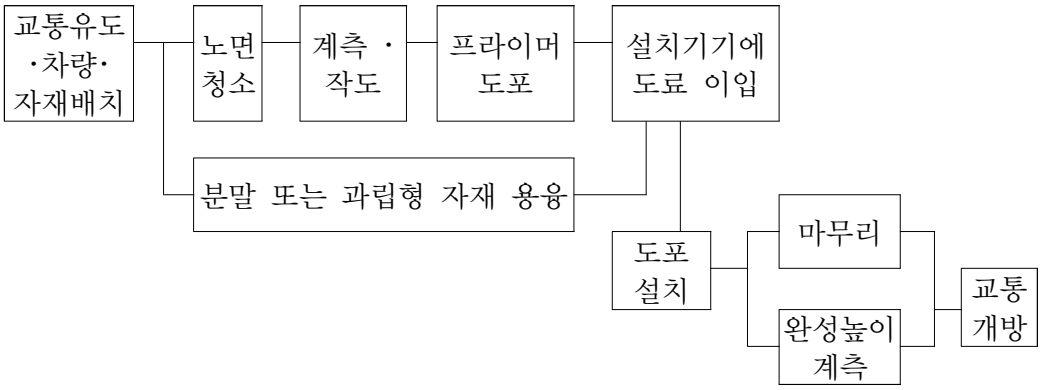
〈표 3.6〉 유리알 살포의 시공결함과 해결방안(공통)

문제	원인	영향	해결방안
한쪽으로 유리알 분포 집중	· 비드 건(bead gun)의 얼라이먼트 문제 · 비드 건 막힘	· 재귀반사성능 저하	· 비드 건의 얼라이먼트를 조정해야 함
과도한 유리알 사용	· 비드 건의 마모 · 과도한 유리알 살포 압력	· 공급 문제 발생	· 비드 건을 교체해야 함 · 살포 압력을 감소시켜야 함
선의 중간부분에 유리알 분포 집중	· 유리알 탱크 압력이 너무 낮음 · 비드 건 제어장치 문제 · 비드 건의 얼라이먼트 문제 · 비드 건 팁(tip)이 너무 큼	· 재귀반사성능 저하	· 탱크 압력을 증가시켜야 함 · 비드 건의 제어장치를 조정해야 함 · 비드 건의 얼라이먼트를 조정해야 함 · 더 작은 팁으로 교체해야 함
유리알이 도막에 잠김	· 비드 건 위치가 살포된 도료와 너무 가까움 · 비드 건 각도가 너무 작음 · 과도한 도막두께	· 재귀반사성능 저하	· 비드 건 위치 및 각도 조정 · 젖은 상태에서 도막두께 확인
유리알 묻힘깊이 불량	· 비드 건이 도료 건에서 너무 멀리 떨어져 있음	· 내구성, 수명 저하	· 비드 건 위치 조정

6) 4종 융착식 플라스틱 도료 시공

4종 융착식 플라스틱 도료는 열가소성수지로 가열 용융하여 도포한다. 도막형성 후에 온도가 저하하면 굳어지므로 교통을 개방할 수 있다. 또한 용제계의 도료보다도 두꺼운 도막을 형성할 수 있고, 내구성이 우수하다.

반사체로서의 유리알은 도료 중에 혼입되어 있지만 초기 반사를 확보할 목적으로 도포 시에 도막 표면에 반드시 적정량의 유리알을 살포하여야 한다. 다음 〈그림 3.15〉는 융착식 도료의 시공 흐름도를 나타낸 것이다.



〈그림 3.15〉 융착식 도료의 시공 흐름도

4종 융착식 도료의 시공방법은 수동식 스크리드(screed) 방법, 기계식 스프레이(spray) 방법, 기계식 익스트루젼(extrusion) 방법으로 구분되며, 모든 장치는 반드시 간접가열 방식으로 운영되어야 한다.

① 수동식 스크리드 방법

- 일반적으로 횡단보도, 문자, 기호 등의 노면표시 시공 시 사용
- 온도계 및 교반설비가 장착된 용해조를 사용하여 도료를 용해시킴, 이때 적정 용해온도는 180~200℃ (200℃ 이상의 온도로 장시간 도료를 용해할 경우 탄화현상에 의해 화재 발생 위험이 있음)
- 용해가 완료된 도료를 수동식 스크리드 전용 시공장비로 옮기는데(휴대용

온도계로 적정 온도 여부 확인), 이때 시공장비에 있는 용해조에서도 도료가 탄화되지 않도록 적절한 온도 상태에서 저속으로 교반기를 회전시킴

· 스크리드 슈와 디스펜서에 장착된 게이트를 조정하여 도료의 두께와 유리알 살포량을 확인 후 시공이 이루어져야 함



〈그림 3.16〉 교반 용해조 장착 트럭



〈그림 3.17〉 수동식 스크리드 시공장비

② 기계식 스프레이/익스트루젼 방법

· 기계식 스프레이 방법은 용해된 도료를 압력을 주어 노즐을 통해 분사하는 방식(분사식 방법)

· 기계식 익스트루젼 방법은 용해된 도료를 오거 또는 펌프를 이용하여 개구부로 밀어내는 방식(낙하식 방법)

· 이 방법들은 노즐 또는 개구부의 높이와 압력이 노면표시 폭을, 노즐 또는 개구부의 압력과 장비 이동속도가 노면표시 두께를 결정함

· 유리알은 도료의 노즐 또는 개구부 장치 뒤에 설치된 비드 건(bead gun)을 이용하여 살포함



〈그림 3.18〉 융착식 플라스틱 도료 기계식 시공 장비(좌:스프레이, 우:익스트루젼)



〈그림 3.19〉 융착식 플라스틱 도료 기계식 시공 전경

융착식 플라스틱 도료 시공 시 주의사항으로, (ⅰ) 노면청소 철저/노면건조상태 확보, (ⅱ) 프라이머 적정량 사용 및 충분한 양생, (ⅲ) 노면온도 5℃ 이하일 때 시공 금지, (ⅳ) 용융조 청소 철저, (ⅴ) 재료 온도관리 철저 등이 있다.

용착식 플라스틱 공법 적용 시 나타날 수 있는 도막 결함 원인 및 해결방안을 〈표 3.7〉과 〈표 3.8〉에 나타내었다.

〈표 3.7〉 융착식 플라스틱 공법의 시공결함과 해결방안(도료)

문제	원인	영향	해결방안
선(line)의 표면부와 끝단부가 거칠게 나타남	· 양생되지 않는 재료 · 너무 차갑게 적용된 재료	· 내구성 저하 · 기준만족 어려움	· 도료온도를 올려야 함 · 도료 양을 증가시켜야 함 · 토출압력을 감소시켜야 함(스프레이방식인 경우)
선의 끝단부가 불규칙하고 물결모양이 나타남	· 재료가 너무 뜨거움 · 토출 압력이 너무 높음 · 도로 노면이 고르지 않음	· 재귀반사도 저하 · 선모양 안좋음 · 내구성 저하	· 시공장비 더 낮은 압력 적용 · 시공장비 게이지 재조정
선이 변색되거나, 베이지색이거나, 거무스름(흐릿한 흰색)하게 나타남	· 도료 용해 시 너무 오랜시간 가열	· 색좌표 기준 미달 · 재료가 부서지기 쉬움, 내구성 저하	· 도료 온도 재조정 · 기 용해된 재료 폐기
선이 움푹 패인 것처럼 보임	· 갇힌 수분 · 양생되지 않는 재료 · 갇힌 공기	· 도료와 포장면의 부착성능 저하 · 내구성 저하	· 도로 노면이 마를때까지 작업 중단 · 프라이머가 양생될 때까지 작업 중단 · 배수성포장과 같은 표면에 공극에 존재하는 노면의 경우 공극을 채우기 위해 느린 속도로 시공
선이 울퉁불퉁해 보임	· 까맣게 탄 재료 · 혼합되지 않는 재료	· 낮은 내구성	· 덩어리가 탄 것처럼 보이거나 색상이 어둡게 보이면 덩어리를 제거 · 덩어리가 거칠거나 혼합되지 않은 것처럼 보이면 재료가 녹을 때까지 200°C에서 유지
선이 늘어지거나 당겨진 것처럼 보임	· 너무 차갑게 적용된 재료 · 너무 빠르게 시공된 재료	· 도료와 포장면의 부착성능 저하 · 낮은 내구성	· 도료 온도를 올려야 함 · 시공속도를 더 느리게 해야 함

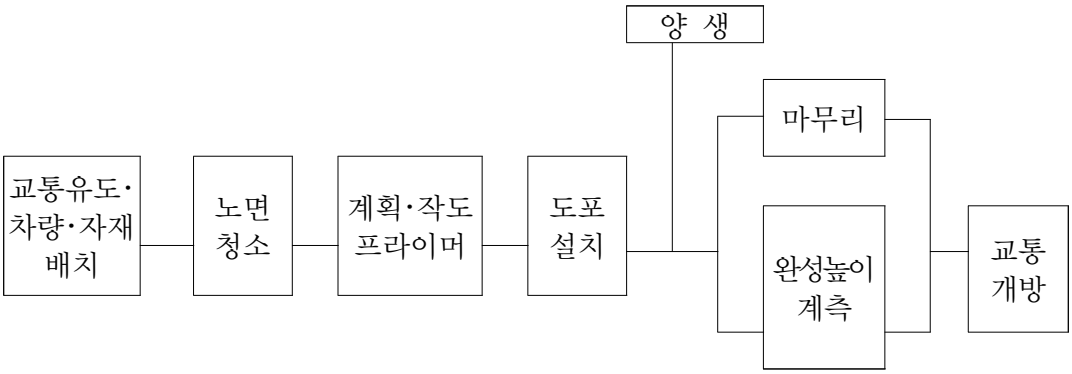
문제	원인	영향	해결방안
선이 상처나거나 갈라진 것처럼 보임	· 까맣게 탄 재료 · 도로 노면에 먼지 등의 이물질 존재	· 도료와 포장면의 부착성능 저하 · 낮은 내구성	· 덩어리가 탄 것처럼 보이거나 색상이 어둡게 보이면 덩어리를 제거 · 도로 노면 청소
선의 시작부 또는 끝단부가 고르지 않게 나타남, 점선에서 스킵지점에 도료가 흘러내린 현상 발생	· 적절히 캘리브레이션 되지 않은 시공장비	· 선모양 안좋음	· 시공장비 재조정
타이어 자국으로 손상된 선	· 너무 빠른 교통개방	· 재귀반사도 저하 · 선모양 안좋음	· 교통차단시간 연장 · 유리알 살포량 증가

〈표 3.8〉 융착식 플라스틱 공법의 시공결함과 해결방안(유리알)

문제	원인	영향	해결방안
선이 매끄럽고 윤기나거나 광택이 나는 것처럼 보임	· 유리알 없음 · 불충분한 유리알	· 초기 재귀반사도 크게 저하	· 비드건(bead gun) 재조정(살포압력, 위치 등) · 유리알 살포량 증가
선이 매끄럽거나 움푹 패인 것처럼 보임	· 유리알이 너무 많이 가라앉음 (묻힘 깊이 비율이 큼)	· 초기 재귀반사도 크게 저하	· 도료 온도를 낮추어야 함 · 비드건 위치 재조정 · 유리알 살포량 증가
선이 빛나는 것처럼 보임	· 유리알이 적정하게 고착되지 않음 (묻힘 깊이 비율이 작음)	· 초기 재귀반사도 손실	· 도료 온도를 높여야 함 · 비드건 위치 재조정
선에 구멍들이 보임	· 유리알이 팝아웃 됨(탈리)	· 초기 재귀반사도 낮음	· 도료 온도를 높여야 함 · 비드건 위치 재조정

7) 5종 상온 경화형 플라스틱 도료 시공

5종 상온 경화형 플라스틱 도료는 주재료에 경화제와 촉진제를 적절한 비율로 혼합하여 경화 건조되는 것이 특징이다. 기존차선에 비해 내구성이 우수하고 도료의 혼합재간 결합력이 우수하여 유리알의 고착상태가 매우 견고한 것으로 알려져 있다. 다음 〈그림 3.20〉은 상온경화형 공법의 시공 흐름도를 나타낸 것이다.



〈그림 3.20〉 상온 경화용 플라스틱 도료의 시공 흐름도

상온 경화용 플라스틱 도료의 시공방법은 기계식 스프레이 방법과 익스트루젼 방법이 있다. 일반적인 평평한(flat) 타입의 노면표시 시공에서는 스프레이 방법을 많이 적용하고 있으며, 돌출형(sturctural) 노면표시에는 익스트루젼 방법이 적용되고 있다.



〈그림 3.21〉 상온 경화형 플라스틱 도료 시공(좌:스프레이, 우:익스트루젼)

상온 경화형 플라스틱 도료 시공 시 주의사항은 아래와 같다.

① 저온(5℃이하)및 높은습도(85%이상)에서는 소지와의 접착성이 저하되고, 도막에 균열이 발생하기 쉬우므로 도장작업을 피해야 함

② 아스팔트 포장 후 최소 7일 후 도색이 가능하나 부분적으로 도막이 건조되지 않을 수 있으니 본 시공전 시험도색에서 반드시 확인 필요

③ 신설 콘크리트 포장면에는 양생후 표면 레이턴스 반드시 제거

④ 가능한 5종 도료에 맞는 하도재(프라이마)처리 후 본 도장을 시공

상온 경화형 플라스틱 공법 적용 시 나타날 수 있는 도막 결함 원인 및 해결방안을 〈표 3.9〉에 나타내었다.

〈표 3.9〉 상온경화형 플라스틱 공법의 시공결함과 해결방안

문제	원인	영향	해결방안
선의 가운데가 볼록한 현상	· 부적절한 액상재료 공급	· 불규칙한 마모 패턴을 나타냄	· 액상재료 압력 증가 · 팁(tip) 크기를 줄여야 함
선의 가운데가 오목한 현상	· 부적절한 액상재료 공급	· 불규칙한 마모 패턴을 나타냄	· 팁 크기를 늘려야 함 · 살포 건을 교체해야 함
선의 표면부에 물결무늬가 나타나는 현상	· 맥동현상[6]에 의해 액상재료 공급 압력 변동	· 기준을 만족시킬 수 없음 · 불규칙한 마모패턴을 나타냄	· 재료공급시스템 점검 필요 · 공급호스(hose)에 대한 누수 점검 필요
전체적으로 고르지 않은 상태	· 팁 측면 마모 · 팁이 막힘	· 불규칙환 마모패턴을 나타냄	· 팁을 교체해야 함 · 팁을 청소해야 함
선의 폭이 너무 넓음	· 살포 건(gun)이 너무 높음 · 팁의 팬(fan) 각도가 너무 넓음	· 기준을 만족시킬 수 없음	· 살포 건 높이를 낮추어야 함 · 필요하다면 팁 크기를 조정해야 함
선의 폭이 너무 좁음	· 살포 건(gun)이 너무 낮음 · 팁의 팬(fan) 각도가 너무 좁음	· 기준을 만족시킬 수 없음	· 살포 건 높이를 높여야 함 · 필요하다면 팁 크기를 조정해야 함
선의 두께가 너무 얇음	· 부적절한 팁 크기 · 시공장비가 너무 빠르게 이동 · 재료 공급 압력의 변화	· 기분을 만족시킬 수 없음 · 내구성능이 저하됨	· 팁 크기 조정 필요 · 시공장비 속도를 감소시켜야 함 · 압력 세팅 점검 필요

문제	원인	영향	해결방안
선의 두께가 너무 두꺼움	· 팁 크기가 너무 큼 · 시공장비가 너무 느리게 이동 · 재료 공급 압력의 변화	· 양생 시간 증가 · 형상에 문제가 발생할 수 있음 · 재귀반사도가 낮아짐	· 팁 크기 조정 필요 · 시공장비 속도를 증가시켜야 함 · 압력 세팅 점검 필요
경화제가 너무 많거나 적은 경우	· 펌프들이 적절히 동기화되지 않음	· 내구성능이 저하됨	· 펌프 조정이 필요함

8) 노면표시 시공 품질관리 강화 방안(공통)

자재 수급 투명화 및 부실시공 방지를 위해 공사감독자는 아래와 같이 노면표시 시공 품질관리 강화 방안을 마련할 수 있다.

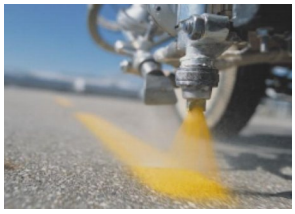
[노면표시 시공 품질관리 강화 방안(권장)]

○ 공사감독자는 현장에서 도료와 유리알을 샘플링하고 별도로 공인시험기관에 의뢰하여 제품 성능 만족 여부를 확인할 수 있다.

○ 도료와 유리알이 적정하게 살포되고 있는지를 확인하기 위해 차량형 기계식 시공장비에 블랙박스를 설치[7]하여 촬영할 수 있으며(〈표 3.10〉 참조), 이 촬영된 영상은 공사감독자에게 제출되어야 한다.

○ 공사감독자는 제출된 영상을 확인하여 살포량과 분사 압력에 이상이 있다고 판단할 때 수급인에게 해당 구간의 재시공을 통보할 수 있다.

〈표 3.10〉 차량형 기계식 시공장비 모니터링 방안

블랙박스 설치	적정 살포량 확인	분사압력 확인
		

6) 맥동현상(서징현상, surging)은 펌프를 사용하는 관로에서 주기적으로 힘을 가하지 않았음에도 토출압력이 주기적으로 변화하며 진동과 소음이 발생하는 현상을 의미한다(네이버 지식백과).

7) 장기적으로 IoT센서와 시스템이 연동되어 실시간으로 살포량 및 분사압력이 확인될 수 있는 체계가 필요함

9) 노면표시 시공 제한조건(공통)

노면표시는 노면상태, 대기·노면온도에 따라 시공품질이 크게 변동될 수 있으며, 이에 공사감독자는 아래와 같이 노면표시 시공 제한조건을 고려하여 당일 시공여부를 결정해야 한다.

[노면표시 시공 제한조건]

○ 도로포장 후 충분한 양생이 될 수 있도록 7일 이상 경과 후 노면표시 작업을 해야 한다.

○ 노면표시 작업 전에 일기예보를 확인해야 한다. 2시간 내에 비가 예상된다면 작업을 시작하지 말아야 한다.

○ 현장의 기온이 10℃ 이상이거나 올라가고 있을 때 시공해야 한다.

○ 위 조건들이 경계선상에 있고, 온도가 강하할 때(예:늦은 오후)는 감독관의 지시에 따른다.

○ 도색은 노면을 완전히 건조시킨 상태에서 실시하여야 하며, 노면온도가 5℃ 이하에서는 시공하지 말아야 한다[8].

○ 도로 노면온도 점검을 위해 시공 장비에 온도계와 습도계를 비치해야 한다.

○ 기타, 공사감독자가 현장여건상 시공이 부적합하다고 합리적으로 판단했을 때는 시공하지 말아야 한다.

8) KCS 44 60 05「도로안전시설공사(2023)」p40에서 "노면이 젖어있거나 노면의 기온이 5℃ 이하의 경우에 시공하여서는 안 된다."라고 기술되어 있다.

3.5 준공 · 하자검사

도로교통법 시행규칙 별표 6에 근거하여 노면표시를 최초 설치하거나 재설치한 경우에는 재귀반사성능 검사를 실시하여야 한다. 노면표시 시공 후 7일이 경과한 이후에 노면이 건조한 상태에서 재귀반사도를 측정하여야 한다. 재귀반사성능 검사는 발주청, 도로교통법에 따른 도로교통공단, 건설기술진흥법 시행령 제 97조에 따른 국립 · 공립 시험기관, 품질검사기관 등에서 실시한다. 준공검사 재귀반사도 측정 간격 및 준공 기준은 아래와 같다.

[설치 후 재귀반사도 측정 간격]

○ 중앙선, 길가장자리 구역선, 차선 (전용차로선 포함)
- 차선도색 공사 연장 10km(또는 면적 1,500㎡) 미만인 경우, 가능한 균등한 간격으로 20개 지점을 선정하여 재귀반사도를 측정해야 함(휴대용 장비 활용 경우)
- 차선도색 공사 연장 10km(또는 면적 1,500㎡) 이상인 경우, 연장 500m(또는 75㎡) 마다 1개 지점을 추가하여 재귀반사도를 측정해야 함(휴대용 장비 활용 경우)
- 차량 부착형 이동식 장비를 활용하여 재귀반사도를 측정할 경우 100m 간격 이내로 재귀반사도를 측정해야 함

○ 기타 노면표시(문자, 기호, 정지선, 횡단보도 등)
- 한 개의 노면표시에서 1회 이상 재귀반사도를 측정 또는 1일 시공 구간에서 최소 10회 이상 재귀반사도를 측정해야 함 (휴대용 장비 활용)

[준공검사 기준]

○ 중앙선, 길가장자리 구역선, 차선 (전용차로선 포함)
- 휴대용 장비를 활용한 경우, 평균 재귀반사도가 〈표 2.3〉의 최소 재귀반사성능 기준을 만족해야 하며, 또한 각 지점별 재귀반사도의 90% 이상이 최소 재귀반사성능 기준을 만족해야 함
- 차량 부착형 이동식 장비를 활용한 경우, 평균 재귀반사도가 〈표 2.3〉의 최소 재귀반사성능 기준을 만족해야 하며, 100m 간격 이내로 측정된 재귀반사도의 90% 이상이 최소 재귀반사성능 기준을 만족해야 함

○ 기타 노면표시(문자, 기호, 정지선, 횡단보도 등)
- 각각의 노면표시 재귀반사도가 〈표 2.3〉의 최소 재귀반사성능 기준을 만족해야 함
- 한 개의 노면표시에서 2회 이상 측정할 경우 평균값을 사용함

「건설산업기본법 시행령」 별표 4에서 도장공사의 하자담보 책임기간을 1년으로 규정하고 있다. 이에 따라 일반적인 노면표시 공사의 하자담보 책임기간은 1년으로 설정한다[9]. 그러나 도급계약 시 별도로 하자담보 책임기간을 설정할 수 있으며[10], 이에 하자담보 책임기간을 특별히 따로 정하는 경우 〈표 3.9〉와 〈표 3.10〉을 참조하여 도급계약서에 명시할 수 있다.

또한 「국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행령」 제 61조에서는 하자담보책임기간 중 연 2회 이상 정기적으로 하자검사를 수행하도록 규정하고 있다. 이와 같은 법적 기준을 근거로 본 매뉴얼에서는 하자담보책임기간 중 수행되는 하자검사에 대한 방법 및 기준을 아래와 같이 제시한다.

[하자검사 방법]

○ 하자검사는 차량 부착형 이동식 재귀반사도 측정장비 사용을 원칙으로 함, 다만 부득이한 경우 휴대용 측정장비를 사용할 수 있음
- 재귀반사도 측정 간격은 준공검사와 동일함

○ 중앙선, 길가장자리 구역선, 차선(전용차로선 포함)의 경우 매년 9월~11월에 수행되는 노면표시 정기조사를 하자검사와 병행할 수 있음

[하자검사 기준(권장)]

○ 하자담보 책임기간 내 공용연수별 최소 재귀반사도를 다음 표에 나타냄
- 〈표 3.11〉과 〈표 3.12〉는 중앙선, 길가장자리 구역선, 차선(전용차로선 포함)만을 대상으로 한 기준값임
- 표에서 최소 재귀반사도는 노면이 건조상태일 때 측정된 값을 의미함
- 백색과 황색을 제외한 나머지 색상의 노면표시와 기타 노면표시(문자, 기호, 정지선, 횡단보도 등)에 대해서는 하자담보책임기간 내에 〈표 3.2〉의 재귀반사도 기준을 참조하여 결정함
- 〈표 3.11〉과 〈표 3.12〉에서 4종 도료 중 P7 등급 제품은 5종 도료 기준을 따를 수 있음

9) 건설산업기본법 시행령 별표 4 「건설공사의 종류별 하자담보 책임기간」에서 "15.전문공사, ⑤도장 책임기간 1년"으로 규정되어 있다.
10) 건설산업기본법 제 28조 3항, 건설산업기본법 시행령 30조 2항

〈표 3.11〉 하자담보 책임기간 내 공용연수별 최소 재귀반사도(흰색) (권장)

형태	도료 종류	유리알 종류	최소 재귀반사도[mcd/(㎡·lx)]			
			설치시	1년	2년	3년
일반형 타입 (Flat Type)	2종	1호	300	100		
		2호이상	400	150		
	4종	1호	400	150		
		2호이상	500	200		
	5종	1호	400	200	100	
		2호이상	500	300	150	
돌출형 타입 (Structural Type)	5종	2호이상	600	300	200	100

〈표 3.12〉 하자담보 책임기간 내 공용연수별 최소 재귀반사도(노란색) (권장)

형태	도료 종류	유리알 종류	최소 재귀반사도[mcd/(㎡·lx)]			
			설치시	1년	2년	3년
일반형 타입 (Flat Type)	2종	1호	180	70		
		2호이상	280	100		
	4종	1호	200	100		
		2호이상	300	130		
	5종	1호	200	150	70	
		2호이상	300	200	100	
돌출형 타입 (Structural Type)	5종	2호이상	400	250	150	70

제4장

국도 차선관리시스템 (PMMS) 운영방법

1. 일반 사항
2. 차선관리시스템 운영
3. 차선관리시스템 사용법

제4장

국도 차선관리시스템(PMMS) 운영방법

1 개요

차선관리시스템이란 차선 수명에 영향을 주는 다양한 요인에 대한 과학적인 분석을 통해 차선의 잔존 수명을 예측함으로써 경제적인 도료 선정 및 재도색 계획 수립 등 효율적인 차선 관리를 지원하는 시스템을 총칭한다.

이동식 조사차량으로 조사된 방대한 양의 도로 차선 정보에 대한 주기적인 모니터링과 적절한 유지보수를 실시하여 일정 수준 이상의 차선 상태를 유지할 수 있도록 하는 차선관리 수단 및 방법이 요구되고 있다. 특정한 지원 방법 및 프로그램이 없는 상황에서 수만 킬로미터에 달하는 연장의 차선 정보 데이터를 관리하기란 쉽지가 않다. 그렇기 때문에 차선 정보에 대한 효과적인 관리 및 활용 방안이 필요하다고 할 수 있다. 이러한 차선유지관리 수단은 노선별 차선도색 재료, 공법 등에 대한 현황 관리뿐만 아니라, 재도색 시기·위치 등의 계획수립 및 평가를 통해 차선관리의 효율성을 높이기 위한 하나의 방법이 될 것이다. 차선관리 정보를 효율적으로 관리하기 위해서는 방대한 양의 데이터 관리 기법 및 저장 공간 등이 필요하며, 많은 도로 노선에 대한 차선 재귀휘도 데이터베이스가 구현되어야 한다.

본 시스템은 방대한 양의 차선 정보를 데이터베이스화하여 사용자가 편리하게 차선 정보를 확인 및 분석할 수 있는 방법을 제공한다. 이러한 데이터 관리를 통하여 차선 수명에 영향을 주는 다양한 요인에 대한 과학적인 분석 및 차선의 잔존 수명을 예측할 수 있도록 경제적인 도료 선정 및 재도색 계획 수립 등 효율적인 차선 관리를 지원한다.

또한, 스마트폰을 활용한 차선도색 시공정보 모바일 시스템을 구축하여

시공사로 하여금 추가적인 업무부담을 최소화하면서 효율적인 시공관리를 이룰 수 있도록 한다.

2 차선관리시스템 운영

2.1 시스템 구성

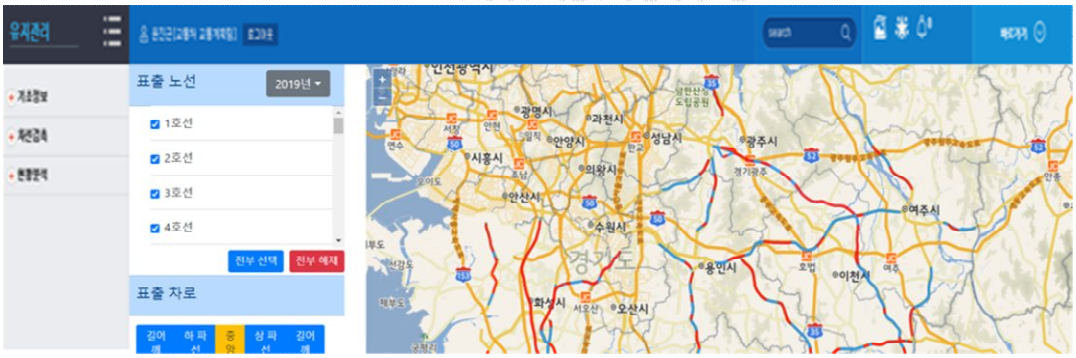
차선관리시스템은 고속국도(민자 제외)는 한국도로공사, 일반국도는 한국건설기술연구원에서 운영하고 있으며, 전국의 고속국도(민자 제외)는 각 지사, 일반국도는 국토관리사무소에서 자료를 입력하는 방식으로 운영된다. 차선의 상태(재귀반사도), 조사 정보 및 시공에 대한 정보가 데이터베이스로 구축되면 차선의 체계적인 유지관리 및 품질확보가 될 것이다.



〈그림 4.1〉 차선관리시스템 개념도



<고속국도 차선도색 관리시스템>



<일반국도 차선도색 관리시스템>

〈그림 4.2〉 차선관리시스템 기능 구성

예시로 일반국도의 차선관리시스템은 자료 관리 기능, 자료 표시 기능, 연계 기능, 분석 도구 등 4개의 기능 그룹으로 이루어져 있다. 자료 관리 기능은 차선 재귀반사도 조사 데이터 관리 기능, 보수 이력 관리 기능, 공법/재료 관리 기능 등 자료를 관리하는 기능들의 그룹이다. 자료 표시 기능은 지도 표시 기능, 테이블 표시 기능, 엑셀 내보내기 기능 등으로 구성되어 있으며, 자료의 종류에 따라 적정한 표출 방법으로 사용자에게 표시해 주는 기능들의 그룹이다. 연계 기능은 교통량 연계 기능, 기상데이터 연계 기능, 통계청 데이터 연계 기능 등으로 구성되어 있으며, 차선관리시스템 외부 시스템에서 데이터를 불러와 시스템과 통합하는 기능들의 그룹이다. 분석 도구는 통계기능, 구간 조회 기능, 자료 분석 기능 등 데이터 분석에 유용하게 사용할 수 있는 기능들로 구성되어 있다.

2.2 시스템 운영 업무 체계

본 시스템의 구축 목적은 효과적인 차선 관리 정책 마련을 위한 차선 데이터베이스 구축과 그에 따른 정보 관리 시스템 마련에 있다. 목적 달성을 위해서 시스템 업무 체계를 정의하고 이에 따라 각 담당 기관은 정해진 역할을 수행해야 한다. 고속국도와 일반국도의 경우 한국도로공사의 지사와 국토관리사무소의 담당자는 정기적으로 차선 재귀반사도 조사를 수행하고 수집된 데이터를 각 시스템에 입력한다. 또, 차선 공사가 발생하면 공사 개요와 시공사, 현장 담당자에 대한 정보 및 시공 장비, 재료, 공법 등 정책 결정에 도움이 될 수 있는 항목들을 입력한다.

현재 고속국도는 한국도로공사에서, 일반국도는 한국건설기술연구원이 각 시스템의 개발 및 운영을 담당하며 입력된 데이터베이스를 분석하여 차선관리방안을 연구하는 역할을 담당한다. 입체적인 데이터 분석을 위해서 다양한 외부 데이터베이스를 활용하며, 효용성이 입증된 데이터 조합 방법으로 기능 구현하여 보다 효율적인 차선 관리를 실현한다.

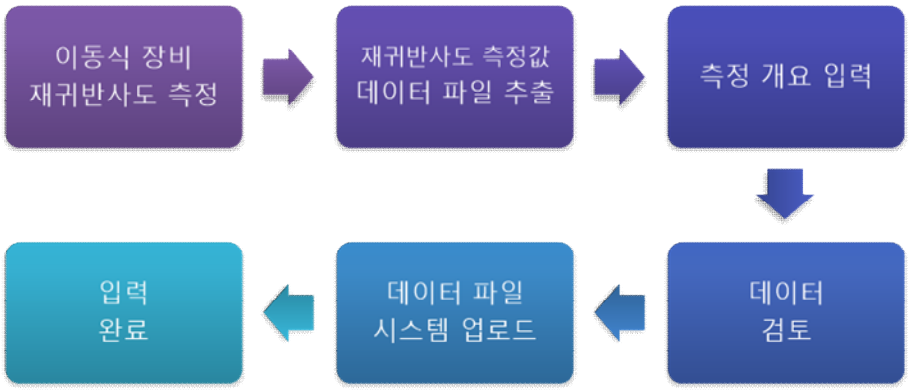
국토교통부는 시스템 개발 및 운영에 있어서 관리 방향 및 차선관리정책 등을 결정한다. 한국도로공사와 한국건설기술연구원은 입력 자료 분석, 차선 관리방안 연구 및 시스템 운영 등을 하며, 한국도로공사에서는 자체 사업시행과 관리를 통해 유기적인 관리체계를 구축한다.



〈그림 4.3〉 차선관리시스템 운영 체계(고속 · 일반국도)

2.3 차선 재귀반사도 데이터베이스 구축 절차

차선 재귀반사도 데이터베이스 구축을 위해서 아래 〈그림 4.4〉와 같은 절차를 수행한다.



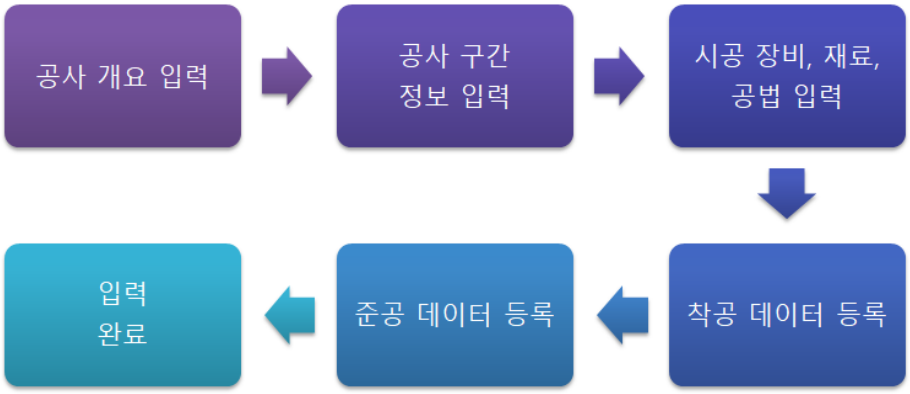
〈그림 4.4〉 차선 재귀반사도 데이터베이스 구축 절차(일반국도)

먼저, 국토관리사무소는 본 매뉴얼의 〈제4장. 노면표시 성능 관리〉를 참고하여 관할 노선에 대해 이동식 장비를 이용해 차선 재귀반사도를 측정한다.

수집된 재귀반사도 측정 데이터는 각 장비의 사용 매뉴얼에 따라 텍스트 파일이나 엑셀 파일로 추출해서 저장한다. 추출된 파일은 시스템에 접속해서 업로드 기능을 활용하여 입력한다. 파일을 실제 업로드하기 전에 노선, 차선, 색상 정보 등 측정 개요에 대한 정보를 정확히 입력하고 데이터 검토 기능을 통해 입력한 개요에 대한 파일이 맞는지 확인한다. 데이터 검토 기능은 데이터의 수치 정보, 지도상 위치, 대략적인 상태에 대한 지도 표시 등 기능을 통해 파일을 확인할 수 있는 기능을 제공한다.

2.4 보수이력 데이터베이스 구축 절차

보수이력 데이터베이스 구축을 위해서 아래 〈그림 4.5〉와 같은 절차를 수행한다.



〈그림 4.5〉 보수이력 데이터베이스 구축 절차(일반국도)

보수이력 데이터베이스 구축은 크게 착공 데이터 입력과 준공 데이터 입력 부로 나뉘어 있다. 착공 데이터는 공사에 대한 개요, 공사 구간(연장), 시공에 사용할 장비, 재료, 공법 등을 입력한 후 등록한다.

2.5 시스템 연결 및 계정

차선관리시스템은 HTML5를 지원하는 Google Chrome, Firefox, MS Edge 등의 웹 브라우저를 통해 접속할 수 있다.

시스템 접속은 각 국토관리사무소의 IP가 등록된 PC에서 전용 접속 계정을 통해 접속할 수 있다. IP가 변경 되었거나 계정을 분실하였을 경우 한국건설기술연구원으로 문의한다. 로그인 화면 등 시스템에 대한 보다 자세한 사항은 본 장의 다음 절 [3. 차선관리시스템 사용법]을 참고한다.

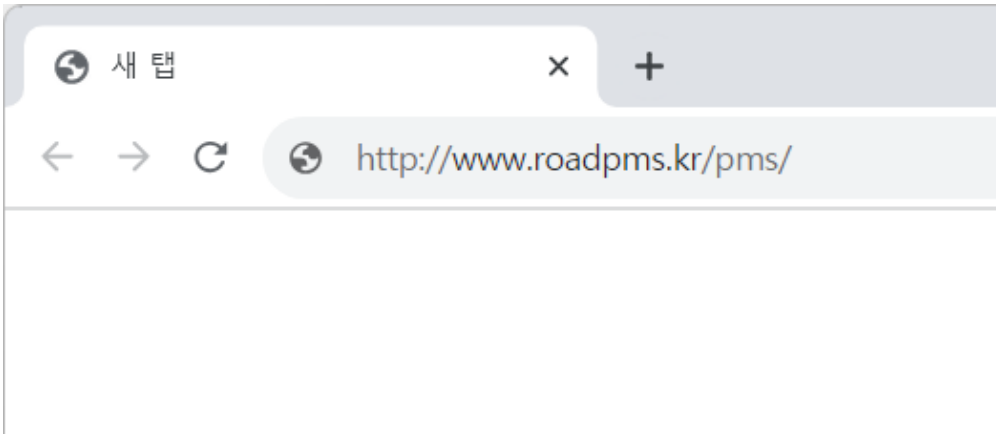
3 차선관리시스템 사용법

3.1 시스템 접속

1) 시스템 접속

차선관리시스템을 사용하기 위해서는 먼저 시스템에 접속해야 한다. HTML5를 지원하는 Google Chrime, Firefox, MS Edge 등의 웹 브라우저를 통해 접속할 수 있다. 웹 브라우저의 주소창에 다음과 같은 주소를 입력하고 엔터키를 누르면 시스템에 접속할 수 있다.

http://www.roadpms.kr/pms/



〈그림 4.6〉 웹 브라우저 차선관리시스템 주소 입력

2) 로그인

차선관리시스템을 사용하기 위해서는 로그인을 해야한다. 시스템 접속은 각 국토관리사무소의 IP가 등록된 PC에서 전용 접속 계정을 통해 접속할 수 있다. IP가 변경 되었거나 계정을 분실하였을 경우 한국건설기술연구원으로 문의한다.



〈그림 4.7〉 로그인 화면 예시

① MEMBER ID 항목 : 등록된 사용자 ID를 입력

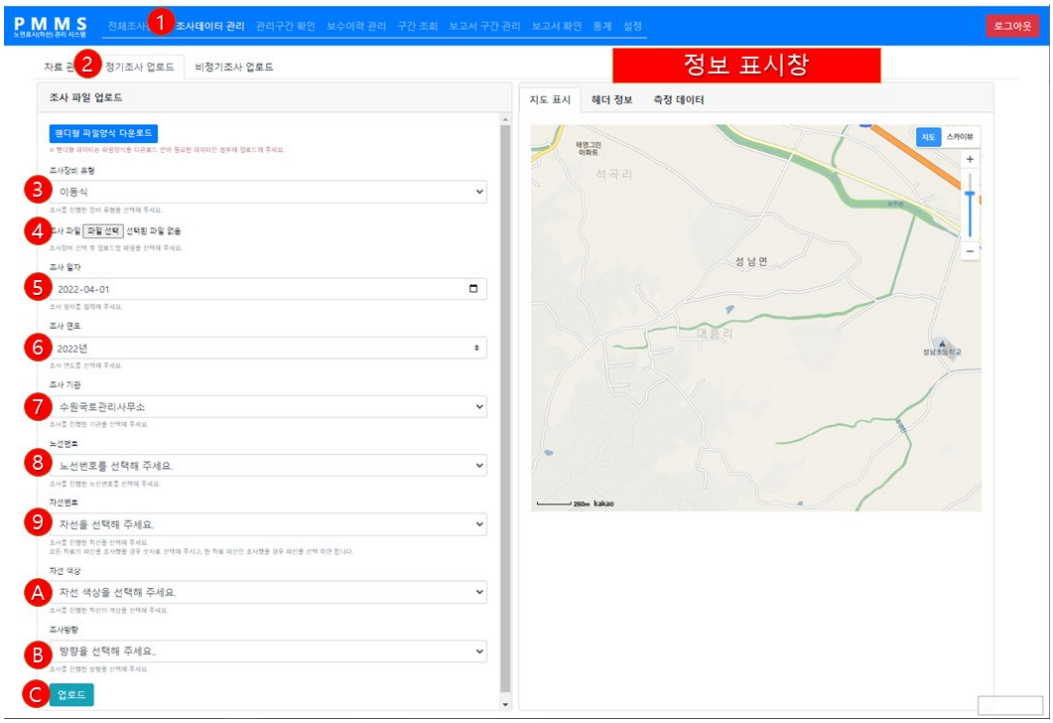
② PASSWORD 항목 : 등록된 사용자 암호를 입력

③ Login 버튼 : MEMBER ID 및 PASSWORD를 입력한 후 로그인 버튼을 클릭하여 시스템에 입장

3.2 조사 데이터 관리

1) 조사 데이터 입력

장비를 통해 측정된 조사 자료를 DB에 입력하기 위해서는 시스템에 로그인한 후 다음과 같은 과정을 따른다.



〈그림 4.8〉 조사자료 입력 화면

① 상단 메뉴에 있는 “조사데이터 관리” 버튼을 클릭 해서 조사 데이터 입력 메뉴로 진입한다.

② 업로드할 파일이 정기 조사 데이터일 경우 “정기조사 업로드” 탭 버튼을, 비정기조사 데이터일 경우 “비정기조사 업로드” 탭 버튼을 클릭한다.

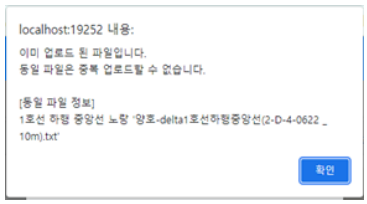
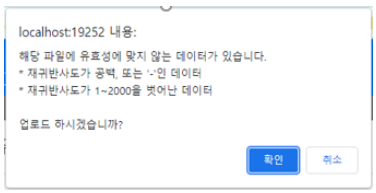
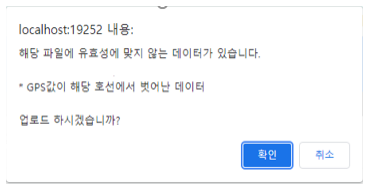
③ 업로드할 파일이 이동식 장비로 조사한 데이터일 경우 “이동식”으로 핸디형 장비로 조사한 데이터일 경우 “핸디형”으로 선택해 준다.

④ “파일 선택” 버튼을 클릭해서 조사한 파일(.txt / .xls)파일을 선택해 준다. 파일을 선택하면 정보 표시창에 해당 파일에 대한 정보가 표시된다. 헤더 정보/측정 데이터/지도 표시 탭을 클릭해서 해당 정보가 맞는지 확인한다.
⑤ 업로드 하는 파일의 실제 조사한 날짜를 입력해 준다.
⑥ 조사 년도를 선택해 준다.
⑦ 조사 기관을 선택해 준다. 로그인 정보가 정상적이라면 자동으로 기관이 선택되어 있을 것이다.
⑧ 조사한 노선을 선택해 준다.
⑨ 중앙선/파선/길어깨선을 선택해 준다. 파선의 경우 조사한 차선의 번호를 정확히 입력해 준다.(1차선, 2차선 등)
ⓐ 조사한 차선의 색상을 선택해 준다.(흰색, 노란색, 파란색)
ⓑ 조사를 진행한 노선 방향을 선택해 준다. (상행/하행)
ⓒ “업로드” 버튼을 클릭하여 작성된 자료를 시스템에 업로드 해 준다.

사용자가 업로드 한 데이터는 유효성 검사를 진행한 후에 실제 데이터베이스에 반영이 된다. 만약 유효성 검사를 통과하지 못할 경우 통과하지 못한 이유를 알려주며 이를 해결 후 다시 업로드 해야 한다.

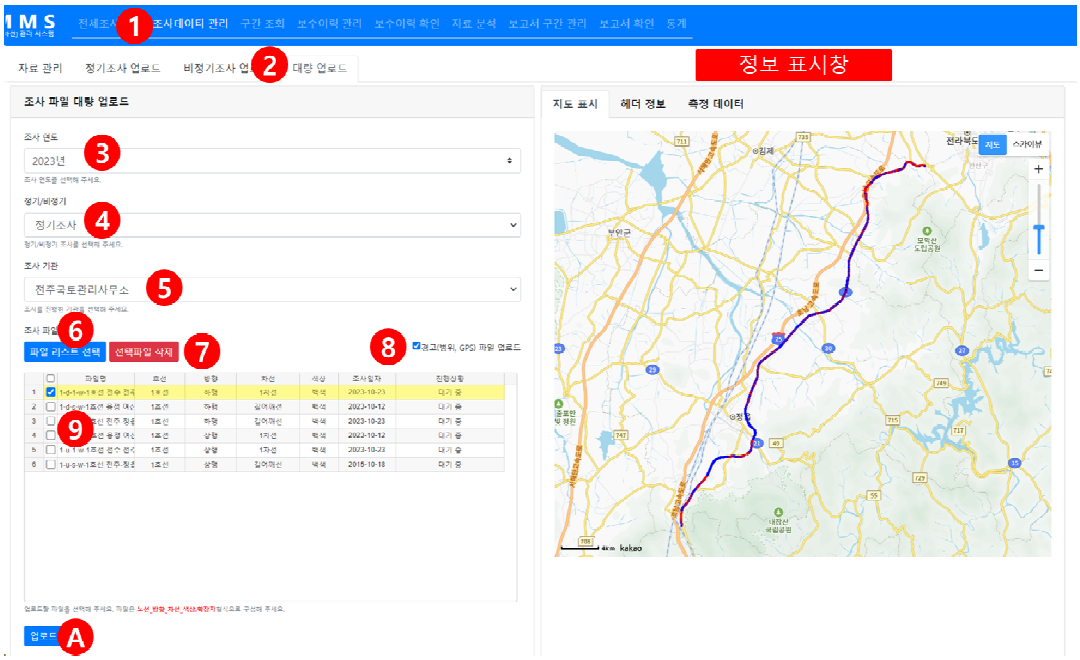
유효성 검사를 통과하지 못했을 경우 표시되는 경고창의 종류와 처리방법은 다음과 같다.

〈표 4.1〉. 유효성 검사 경고창 종류 및 처리 방법

경고 창	발생 이유	처리 방법
	▪ 동일한 파일이 이미 서버에 업로드 되어 있는 경우 발생 한다. ▪ 조사 파일은 한 노선, 한 차선만 등록이 가능하다.	▪ 업로드한 파일을 잘못 선택하지 않았는지 확인하고 파일을 다시 선택해서 업로드 한다.
	▪ 조사된 재귀반사도 값은 1~2000 사이의 값이어야 한다. ▪ 업로드된 파일에 범위를 벗어난 값이 있을 경우 발생한다. ▪ 조사 중 공사중인 구간이 있었거나 사거리 등 차선이 존재하지 않는 구간이 있었을 경우 발생할 수 있다. ▪ 따로 조치하지 않을 경우 해당 구간은 미조사 구간으로 자동으로 인식되어 시스템에 입력된다.	▪ 재귀반사도가 범위를 벗어난 구간은 미조사 구간으로 인식하기 때문에 다른 조치는 필요 없다. ▪ 다만, 공사 구간 등이 있었을 경우 공사 완료 후 다시 조사 및 시스템 입력을 해야 조사율을 100%로 채울 수 있다.
	▪ 업로드된 GPS값이 시스템에 입력되 있는 노선의 선형과 일치하지 않을 때 발생한다. ▪ 특히, 터널의 경우 GPS에 오류가 발생할 수 있으므로 터널이 있는 구간을 조사했을 경우 문제가 발생할 수 있다.	▪ 별도의 조치는 필요하지 않다. ▪ 다만, 가능하면 긴 터널 구간은 별도의 조사파일로 관리가 가능할 경우 따로 업로드 하는 것이 좋다.

2) 조사 데이터 대량 업로드

장비를 통해 측정된 여러 개의 조사 데이터를 한 번에 업로드 하기 위해서 대량 업로드 기능을 제공한다. 대량 업로드 기능을 사용하기 위해서 시스템에 로그인 한 후 다음과 같은 과정을 따른다.



〈그림. 4.9〉 대량 업로드 화면

① 상단 메뉴에 있는 “조사데이터 관리” 버튼을 클릭 해서 조사 데이터 입력 메뉴로 진입한다.

② 대량 업로드 메뉴로 진입하기 위해서 “대량업로드” 탭 버튼을 클릭한다.

③ “조사 연도” 콤보박스에서 조사된 데이터의 연도를 선택해 준다.

④ 업로드할 파일들이 정기조사일 경우 “정기조사”로 비정기조사일 경우 “비정기조사”로 선택해 준다.

⑤ 조사기관을 선택해 준다. 기본적으로 로그인한 국토관리사무소가 선택되어 있다.

⑥ “파일 리스트 선택” 버튼을 클릭해서 조사한 파일(.txt / .xls)파일을 선택해

준다. 여러 파일을 선택할 수 있으며, 선택된 파일들은 ⑨“선택 파일 리스트”에 표시된다. 업로드 하는 파일의 노선, 차선, 색상을 시스템이 확인하기 위해서 파일명은 〈표 5.2〉와 같은 규칙으로 작성한다.

⑦ 잘 못 선택된 파일이 있을 경우, 선택 파일 리스트에서 삭제를 원하는 파일을 클릭해서 선택한 후 “선택파일 삭제” 버튼을 클릭하여 선택된 파일을 삭제한다.

⑧ “경고(범위, GPS) 파일 업로드” 체크박스가 체크되어 있을 경우 경고가 발생해도 파일을 업로드한다. 동일한 파일이나 파일 포멧 오류등은 체크박스가 체크되어 있어도 업로드 되지 않는다.

⑨ 업로드할 파일의 리스트를 보여준다. 리스트에서 파일을 선택하면 정보 표시창에 해당 파일에 대한 정보가 표시된다. 헤더 정보/측정 데이터/지도 표시 탭을 클릭해서 해당 정보가 맞는지 확인한다.

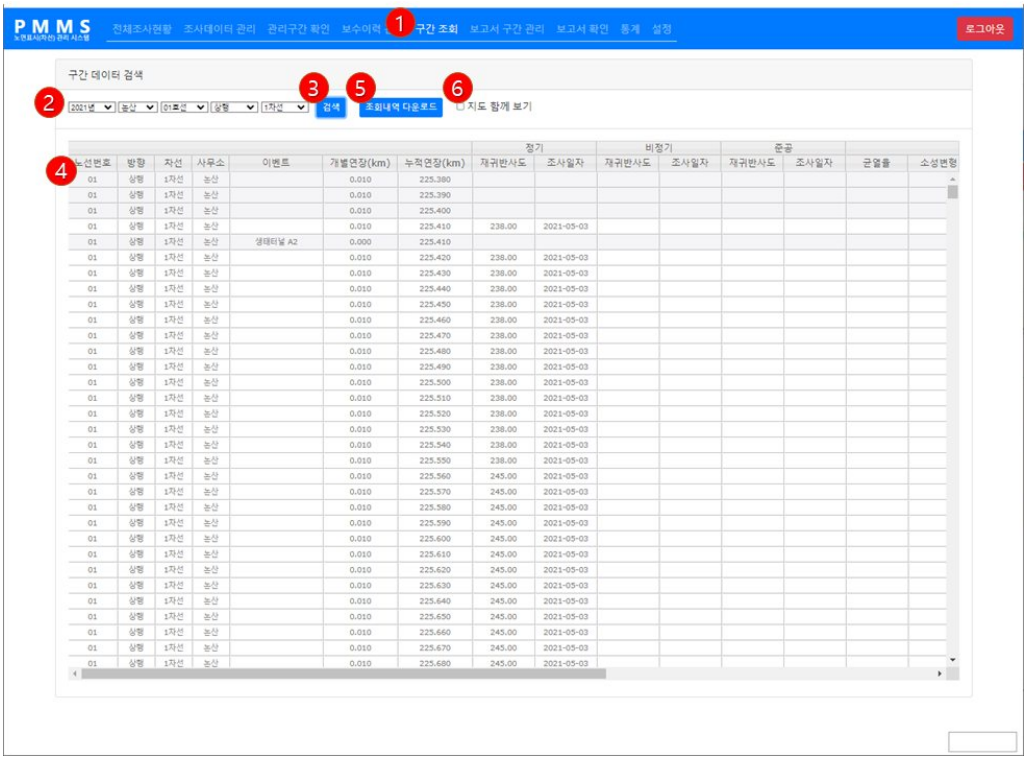
ⓐ “업로드” 버튼을 클릭하여 선택된 파일들을 시스템에 업로드한다.

〈표 4.2〉. 대용량 업로드 파일 작명 규칙

<table>
<tr><td colspan="2">파일명 규칙</td><td colspan="7">노선_방향_차선_색상_기타정보.확장자</td></tr>
<tr><td colspan="2">노선</td><td colspan="7">노선번호를 숫자로 작성한다.</td></tr>
<tr><td colspan="2">방향</td><td colspan="7">U : 상행, D : 하행</td></tr>
<tr><td colspan="2">차선</td><td colspan="7">C : 중앙선, S : 길어깨선, 1~99 : 일반 차선(파선)</td></tr>
<tr><td colspan="2">색상</td><td colspan="7">W : 흰색, Y : 황색, B : 청색</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타정보</td><td colspan="7">관리 목적으로 파일을 구분하기 위해 사용. 생략가능.
(예. 관리를 위해 사무소 내에서 사용하던 파일명, 조사일짜 구분을 위한 날짜 등)</td></tr>
<tr><td colspan="2">확장자</td><td colspan="7">원본 파일의 확장자</td></tr>
<tr><td rowspan="4">예제</td><td>조건</td><td colspan="7">“1호선, 상행, 길어깨선, 흰색, 전주-정읍 1회차, xls파일”의 예시</td></tr>
<tr><td rowspan="2">매치</td><td>노선</td><td>방향</td><td>차선</td><td>색상</td><td colspan="2">기타정보</td><td>확장자</td></tr>
<tr><td>1</td><td>U</td><td>S</td><td>W</td><td colspan="2">전주-정읍 1회차</td><td>xls</td></tr>
<tr><td>결과</td><td colspan="7">1_U_S_W_전주-정읍 1회차.xls</td></tr>
</table>

3) 조사 데이터 확인

구간 조회 기능을 사용하여 입력된 조사자료를 확인할 수 있다. 관리자의 경우 시스템에 입력된 모든 조사자료를 확인할 수 있으며, 일반 사용자는 자신이 업로드 한 자료를 확인할 수 있다.



〈그림 4.10〉 구간 조회 기능 화면 예시

① 상단 메뉴에서 “구간 조회” 버튼을 클릭해서 구간 조회 기능 메뉴에 들어온다.

② 조회하고자 하는 구간의 연도, 사무소, 노선번호, 방향, 차선 등 관련 항목을 선택한다.

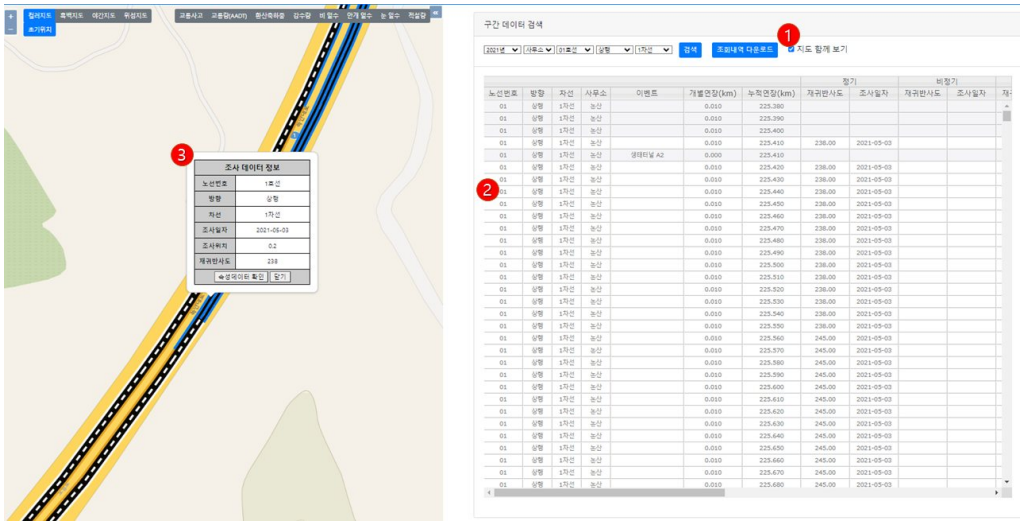
③ “검색” 버튼을 누르면 구간 조건에 맞는 내용이 조회된다.

④ 조회된 정보가 10미터 단위로 그리드의 형태로 화면에 표시된다.
해당 위치에 입력된 데이터가 없을 경우 배경색이 회색으로 표시되기 때문에

데이터가 빠져 있는 위치를 확인할 수 있다.

⑤ 조회 내역은 엑셀로 다운로드할 수 있으며, 이를 활용하여 보고서 등에 사용할 수 있다.

⑥ 각 구간의 위치를 지도에서 확인하고 싶을 경우 “지도 함께 보기” 체크박스를 체크하면 화면의 좌측에 지도가 함께 표시된다.



〈그림 4.11〉 구간조회 지도 함께 보기 화면 예시

① 구간 조회 화면에서 “지도 함께 보기” 체크 박스가 체크 되어 있을 경우 화면 좌측에 지도가 표시된다.

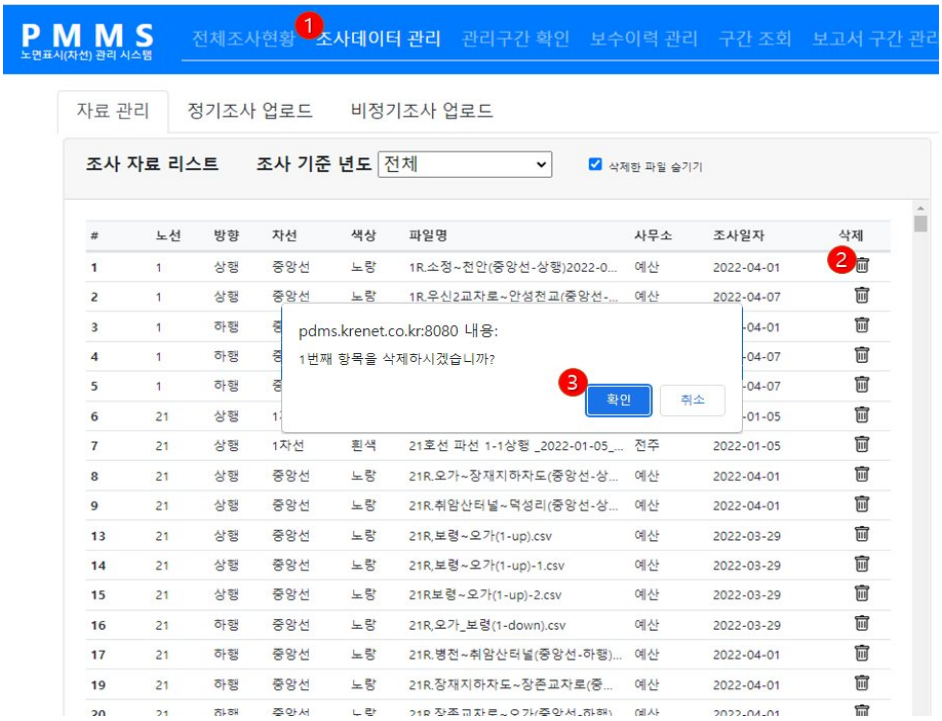
② 그리드에 조회된 내용 중 정확한 위치를 확인하고자 하는 위치를 클릭하면 좌측 지도가 해당 위치로 이동하고 확대된다.

③ 확대된 지도에는 요약 정보를 확인할 수 있는 정보창이 팝업되며, “속성데이터 확인” 버튼을 클릭하여 보다 자세한 내용을 확인할 수 있다.

4) 조사 데이터 관리

잘못된 자료를 업로드했을 때 이를 삭제하고 다시 업로드하거나, 실수로 잘못된 파일을 삭제했을 경우 이를 복원하는 기능을 제공한다.

먼저, 조사 자료를 삭제하기 위해서는 다음 과정을 따른다.

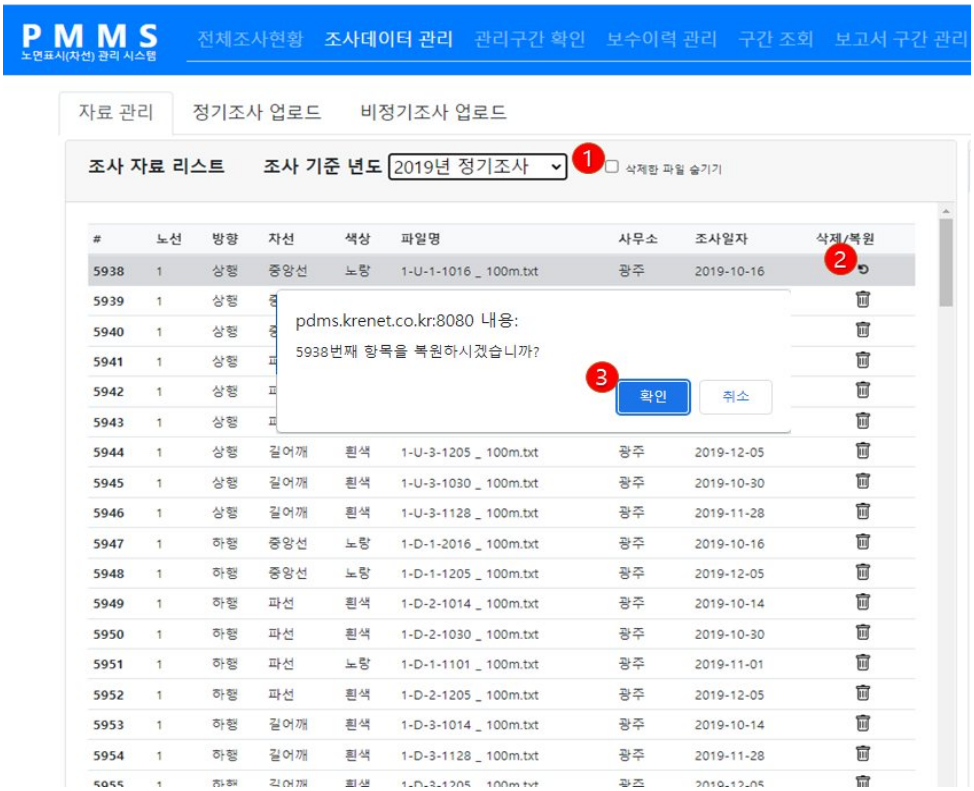


〈그림 4.12〉 조사자료 삭제 화면

① 상단 메뉴에서 “조사 데이터 관리” 버튼을 클릭해서 조사 데이터 관리 메뉴에 들어간다.

② 조사 자료 리스트 중 삭제하기 원하는 항목의 “삭제”(쓰레기통 모양)를 클릭한다.

③ 삭제를 수행하기 전 삭제 요청을 확인하는 윈도우가 팝업된다. “확인”을 선택할 경우 실제 삭제가 수행되며, “취소”를 클릭하면 삭제 작업이 취소된다. 실수로 삭제한 조사 자료를 다시 복원하기 위해서는 다음과 같은 과정을 따른다.



〈그림 4.13〉 조사 데이터 복원

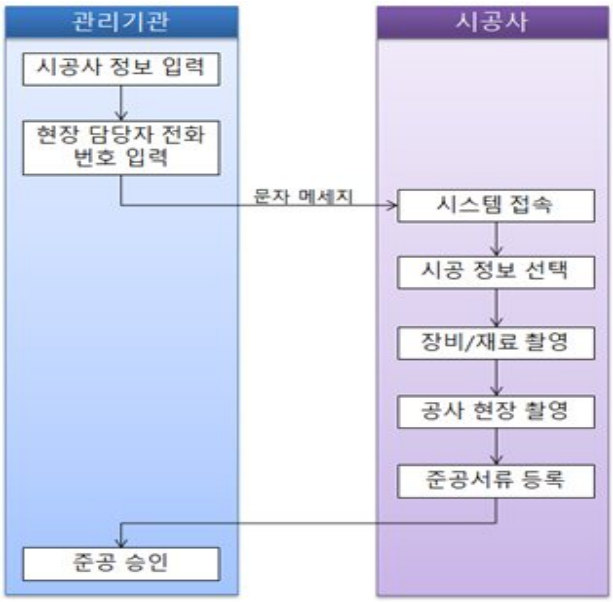
① 자료 관리화면은 기본적으로 이미 삭제한 파일은 숨기게 되어 있다. “삭제한 파일 숨기기” 체크 박스를 해제하면 이미 삭제된 파일을 리스트에 표시할 수 있게 된다.

② 이미 삭제된 파일의 경우 삭제/복원 컬럼에 쓰레기통 아이콘 대신 되돌리기 아이콘이 표시되며, 이를 클릭해서 삭제된 파일을 복원할 수 있다.

③ 복원 버튼을 클릭할 경우 해당 파일을 복원할지 여부에 대해서 물어보는 팝업이 표시되며, “확인” 버튼을 눌러 실제 복원 작업을 수행한다.

3.3 보수 이력 관리

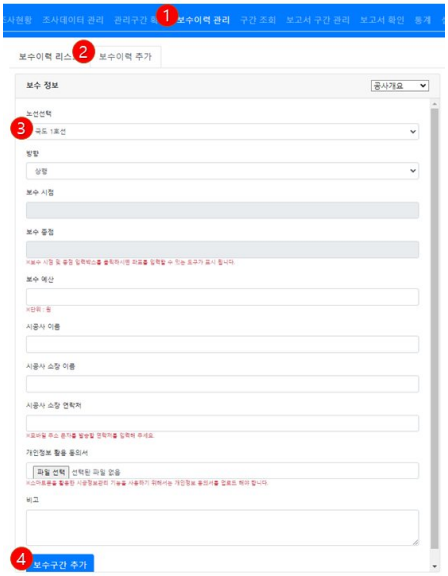
시스템은 도로 관리기관과 시공사의 역할로 구분된 절차에 따라 시공 관리를 할 수 있도록 되어 있다. 관리기관이 차선도색 유지관리 시스템의 보수이력 관리 기능에 공사에 대한 개략적인 정보를 입력하고 시공사 현장 담당자의 전화번호를 입력하면, 이후 시공사 현장 담당자가 자세한 보수 이력 정보를 시스템으로 입력한다.



〈그림 4.14〉 차선도색 시공 데이터 관리 절차

1) 보수이력 정보 입력

차선도색 공사가 발생했을 때 국토관리사무소는 시스템의 보수이력 추가 기능을 활용하여 보수에 대한 정보를 입력해야 한다. 노선번호, 방향, 차선, 시/종점 등 보수 구간에 대한 위치 정보와 공사 시공사 이름, 현장소장 등 시공사에 대한 정보를 입력한다.



〈그림 4.15〉 보수이력정보 입력 화면

① 상단 메뉴에서 “보수 이력 관리” 메뉴를 선택하여 보수 이력 관리 메뉴에 진입한다.

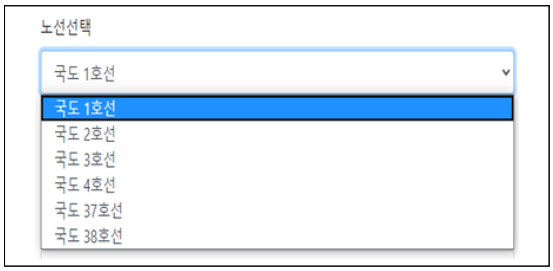
② “보수 이력 추가” 탭을 클릭하여 보수 이력을 추가하는 화면에 진입한다.

③ 보수가 진행될 노선의 위치와 현장 소장 연락처 등 개략적인 정보를 입력한다.

④ 모든 개략 정보가 입력되면 보수구간 추가 버튼을 눌러 서버에 입력한다.

○ 노선선택

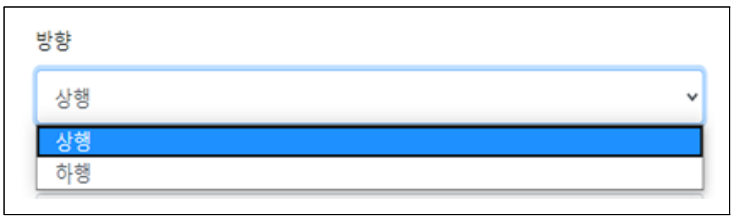
- 노선선택 기능을 사용해서 차선공사를 시행할 노선을 선택한다. 노선은 콤보박스의 형태로 표출된다.



〈그림 4.16〉 노선선택 콤보박스

○ 방향선택

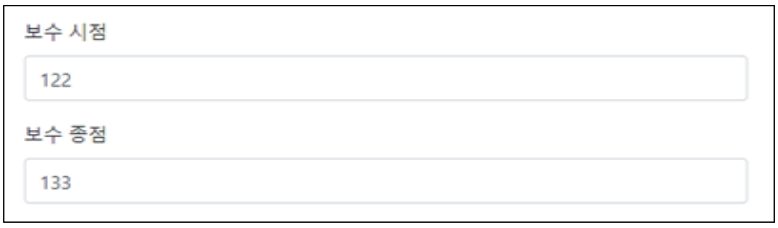
- 방향선택 기능을 사용해서 차선공사를 시행할 구간의 방향을 선택한다. 방향은 콤보박스의 형태로 표출되며, 만약 양 방향을 모두 시공할 경우 시공 이력을 두 번 입력해야 한다.



〈그림 4.17〉 방향 선택 콤보 박스

○ 공사 시·종점 선택

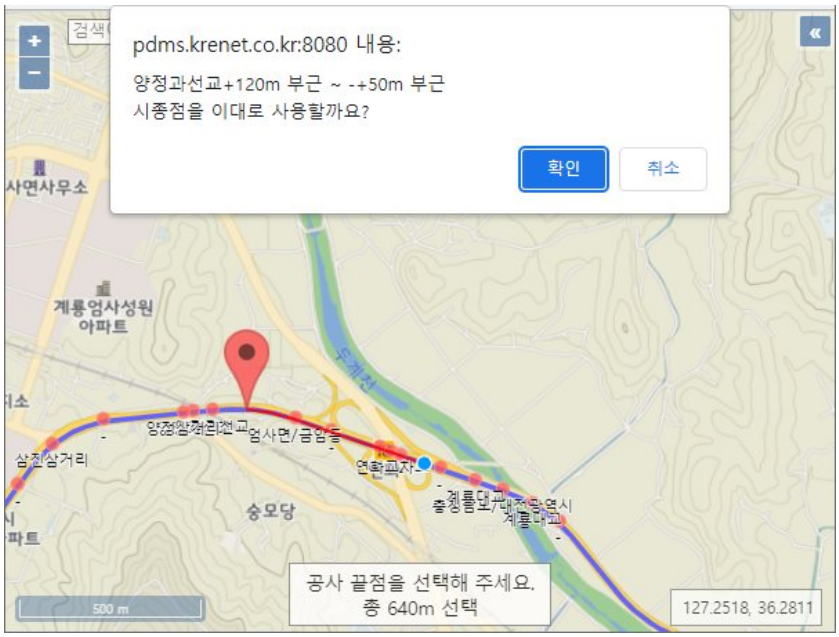
- 보수 시·종점 입력 기능을 사용해서 차선공사를 시행할 구간의 위치를 입력한다. 보수 시점 및 보수 종점은 차선의 시점을 기준으로 얼마나 떨어져 있는지를 km 단위로 기록한다.
- 이를 직접 작성하기는 어렵기 때문에 별도의 도구를 제공하며, 보수 시점이나 보수 종점 입력 필드를 클릭하면 다음과 같은 지도형태 도구가 표시된다.
- 지도에는 이전에 선택했던 노선에 대한 도로 선형이 표시되며, 이 선형을 클릭해서 보수 위치를 선택 할 수 있다. 선형을 한 번 클릭하면 그 위치가 시점으로 인식되며, 두 번째 클릭하면 종점으로 인식된다.
- 선택한 위치가 정확하면 확인 버튼을 눌러서 입력하고, 정확하지 않다면 취소 버튼을 눌러서 다시 입력하면 된다.



〈그림 4.18〉 보수 시·종점 입력 필드



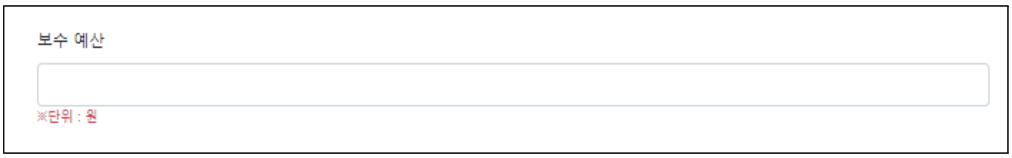
〈그림 4.19〉 보수 시·종점 선택 화면



〈그림 4.20〉 공사 시·종점 선택 확인 화면

○ 보수 예산 입력

- 시·종점을 입력한 후에 보수 예산을 원 단위로 입력한다. 합리적인 도로 보수 운영을 위한 기반 정보로 활용되므로 정확한 정보 입력이 필요하다.



〈그림 4.21〉 보수 예산 입력 필드

○ 시공사 정보 입력

- 차선공사를 수행할 시공사의 소장(담당자)에 대한 정보를 입력한다. 시공사 소장 연락처는 시스템에서 문자를 자동으로 발송하는데 사용하므로 특히 유의해서 입력하여야 한다.



〈그림 4.22〉 시공사 정보 입력 필드

2) 문자 정보 발송

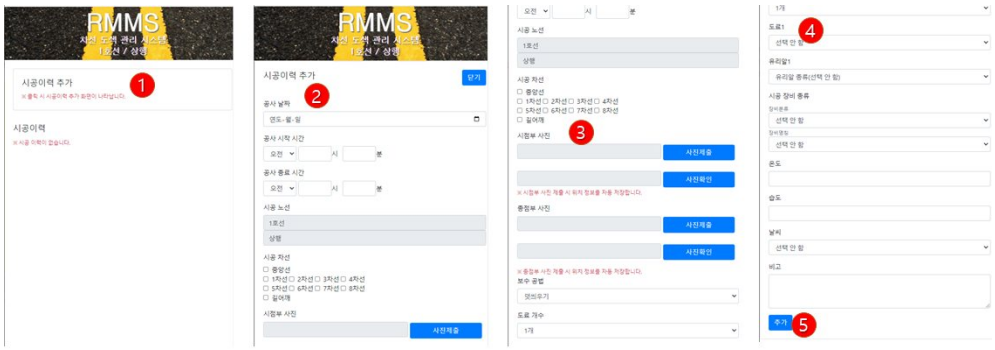
관리기관의 담당자가 시공정보를 입력하고 시스템에 등록하면, 시스템은 시공 담당자의 연락처에 자동으로 문자메시지를 발송한다. 문자메시지는 차선도색 시공정보 모바일 시스템에 연결할 수 있는 인터넷 주소가 포함된 안내 내용을 담고 있다. 시공사의 담당자가 해당 메시지를 받고 인터넷 주소를 터치하면 현장 ID로 생성된 시공정보 시스템에 접속된다.



〈그림 4.23〉 시공사 담당자 문자 메세지 예시 화면

3) 시공 정보 입력

시공사의 담당자가 스마트폰을 통해 문자 메시지의 주소를 터치하면 시스템에 시공정보를 입력할 수 있다.

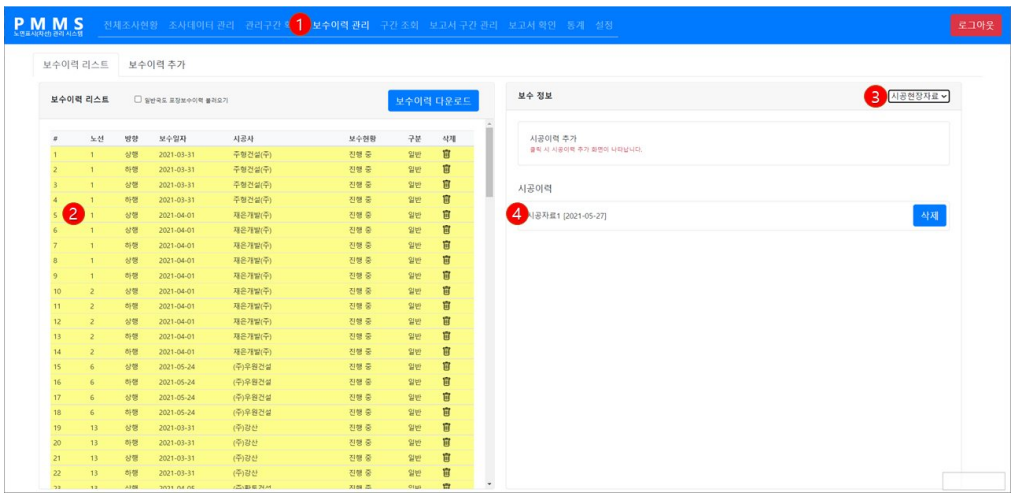


〈그림 4.24〉 시공 정보 입력 화면

① “시공이력 추가” 버튼을 터치해서 시공이력 추가 화면으로 이동한다.
② 시공이력 추가 화면에서 공사 날짜, 시간, 차선 등을 입력한다.
③ 공사 시점부와 종점부 사진을 입력한다.
④ 공사에 사용한 보수 공법, 도료, 유리알, 시공장비, 온도, 습도 등의 정보를 입력한다.
⑤ 추가 버튼을 터치하여 시공 이력을 추가한다.

4) 준공 정보 입력

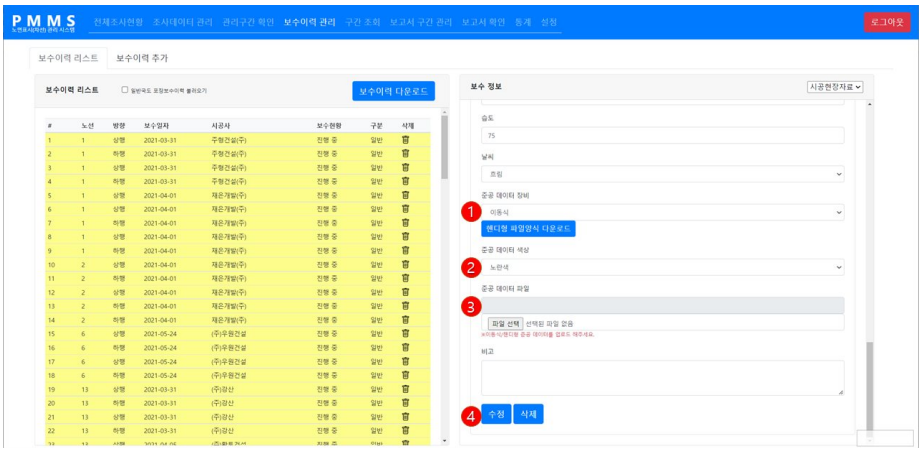
시공이 완료된 후 준공 정보는 관리사무소의 PC에서 입력할 수 있다.



〈그림 4.25〉 준공 정보 화면 진입 순서

① 상단 메뉴에서 “보수이력 관리”를 클릭한다.
② 시공이 완료되어 준공 정보를 입력할 보수구간을 선택한다.
③ “공사개요”로 선택되어 있는 콤보박스를 “시공현장자료”로 변경한다.
④ 시공이력 리스트에서 준공 정보를 입력할 항목을 클릭해서 준공 정보를 입력할 수 있는 화면으로 진입한다.

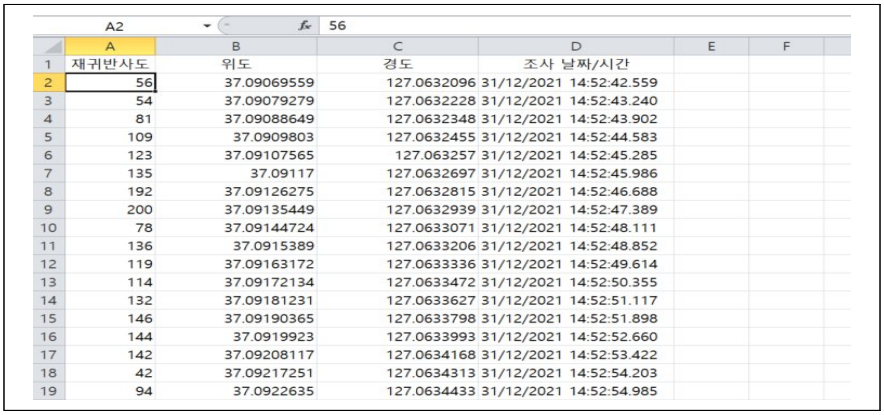
준공 정보를 입력할 수 있는 화면으로 이동 후 다음과 같은 절차를 따라서 준공 데이터(재귀반사도)를 업로드한다.



〈그림 4.26〉 준공 데이터 입력 화면 예시

① 준공 데이터를 수집한 장비가 이동식인지 핸디형인지 선택한다. 만약 핸디형일 경우 “핸디형 파일양식 다운로드” 버튼을 클릭하여 양식을 다운로드 받아 사용한다.
② 준공 데이터로 수집한 차선의 색상을 선택한다.
③ 이동식 장비로 수집한 데이터나 핸디형 파일 양식을 다운로드 받아서 작성한 데이터를 “파일 선택” 버튼을 눌러 선택한다.
④ “수정” 버튼을 클릭하여 준공 데이터를 시스템에 반영한다.

핸디형 파일 양식은 재귀반사도, 위도, 경도, 조사날짜/시간별로 입력해서 사용한다.



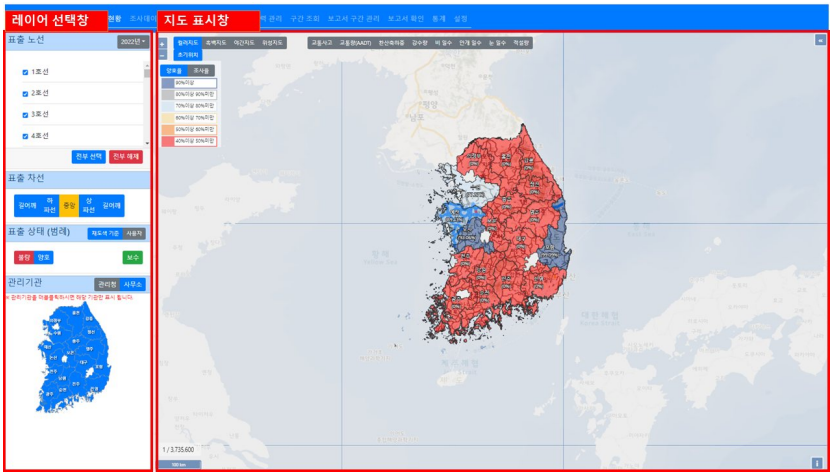
	A	B	C	D	E	F
1	재귀반사도	위도	경도	조사 날짜/시간		
2	56	37.09069559	127.0632096	31/12/2021 14:52:42.559		
3	54	37.09079279	127.0632228	31/12/2021 14:52:43.240		
4	81	37.09088649	127.0632348	31/12/2021 14:52:43.902		
5	109	37.0909803	127.0632455	31/12/2021 14:52:44.583		
6	123	37.09107565	127.063257	31/12/2021 14:52:45.285		
7	135	37.09117	127.0632697	31/12/2021 14:52:45.986		
8	192	37.09126275	127.0632815	31/12/2021 14:52:46.688		
9	200	37.09135449	127.0632939	31/12/2021 14:52:47.389		
10	78	37.09144724	127.0633071	31/12/2021 14:52:48.111		
11	136	37.0915389	127.0633206	31/12/2021 14:52:48.852		
12	119	37.09163172	127.0633336	31/12/2021 14:52:49.614		
13	114	37.09172134	127.0633472	31/12/2021 14:52:50.355		
14	132	37.09181231	127.0633627	31/12/2021 14:52:51.117		
15	146	37.09190365	127.0633798	31/12/2021 14:52:51.898		
16	144	37.0919923	127.0633993	31/12/2021 14:52:52.660		
17	142	37.09208117	127.0634168	31/12/2021 14:52:53.422		
18	42	37.09217251	127.0634313	31/12/2021 14:52:54.203		
19	94	37.0922635	127.0634433	31/12/2021 14:52:54.985		

〈그림 4.27〉 핸디형 파일 양식 작성 예시

3.4 데이터 확인

입력된 차선 재귀반사도 및 시공 자료는 지도 및 리스트 형태로 그 내용을 확인할 수 있다. 리스트 형태의 자료는 3.2절의 「조사 자료 확인」을 확인하면 된다.

본 장은 지도 화면을 통해 그 내용을 확인하는 방법을 소개한다. 화면 중앙에 있는 지도 표시 창은 웹 지도를 기반으로 차선 재귀반사도 및 시공에 대한 정보를 표시해 주는 기능을 제공한다. 좌측에 있는 레이어 선택 창은 지도 표시 창과 자료 표시 창에 표시할 자료의 종류를 선택할 수 있는 기능을 제공한다.



〈그림 4.28〉 전체조사현황 화면 구성

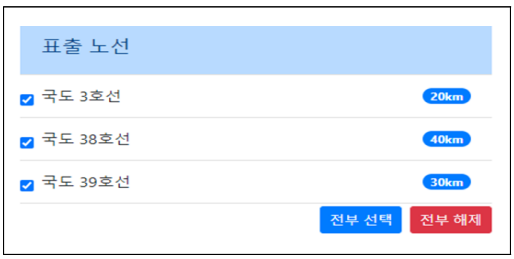
1) 지도 확인

(1) 표출노선 선택

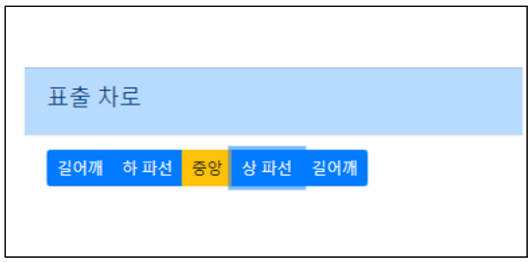
- 입력된 차선 재귀반사도 및 시공 자료는 자료 표시 화면을 통해 그 내용을 확인할 수 있다.
- 화면 중앙에 있는 지도 표시 창은 웹 지도를 기반으로 차선 휘도 및 시공내역을 확인할 수 있게 한다.
- 지도에 표시되는 노선이나 차로, 상태에 대해서 선별적 표시가 가능하며, 이는 좌측의 레이어 선택창을 통해 조정할 수 있다.
- 표출 노선 선택 기능을 통해 표시하고자 하는 표출 노선을 선택할 수 있으며, 전부 선택 혹은 전부 해제 기능을 통해 보다 쉽게 원하는 노선을 확인할 수 있다.

(2) 표출차로 선택

- 종류는 길어깨/파선/중앙선으로 구성되어 있으며, 상/하 양방향을 실제 도로와 같이 모델링해서 총 5개의 선택 버튼이 배치되어 있다.
- 지도에 여러 차선이 표시되면 직관성이 떨어지기 때문에 특정 차선에 대한 정보를 확인하기 원한다면 필요 없는 차선은 표시하지 않는 것이 좋다.
- 지도에 표출시킬 차로를 표출차로 선택 기능을 통해 지정할 수 있다.



〈그림 4.29〉 표출 노선 선택



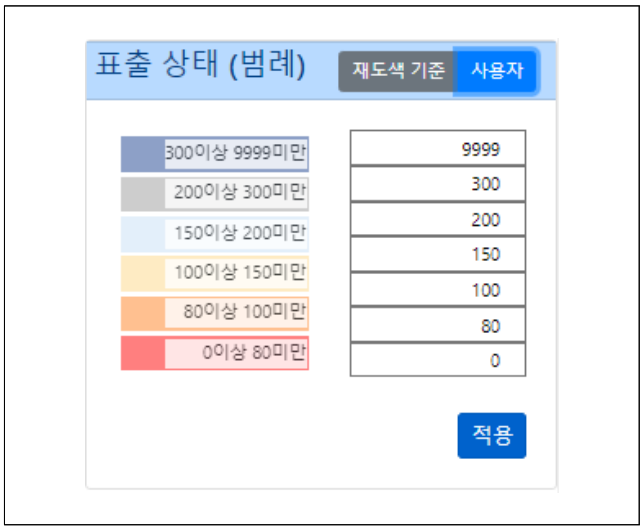
〈그림 4.30〉 표출 차선 선택 화면

(3) 표출상태 선택

- “재도색 기준”을 선택하면 차선의 색상별로 양호/불량 상태를 지도에 표시해 줄 수 있다.
- 불량, 양호 버튼은 체크박스 형식으로 되어 있어서 클릭해서 화면에 불량이나 양호 상태를 화면에 표시할지 결정할 수 있다.
- 보수 구간을 화면에 표시할지 결정하는 체크박스 버튼으로 활성화가 되면 보수 구간이 화면에 표시되며, 비활성화가 되면 지도 화면에 보수 구간이 표시되지 않는다.
- 표출상태를 “사용자”로 지정하면 사용자가 지정한 범례에 따라서 지도에 색상이 표시된다.



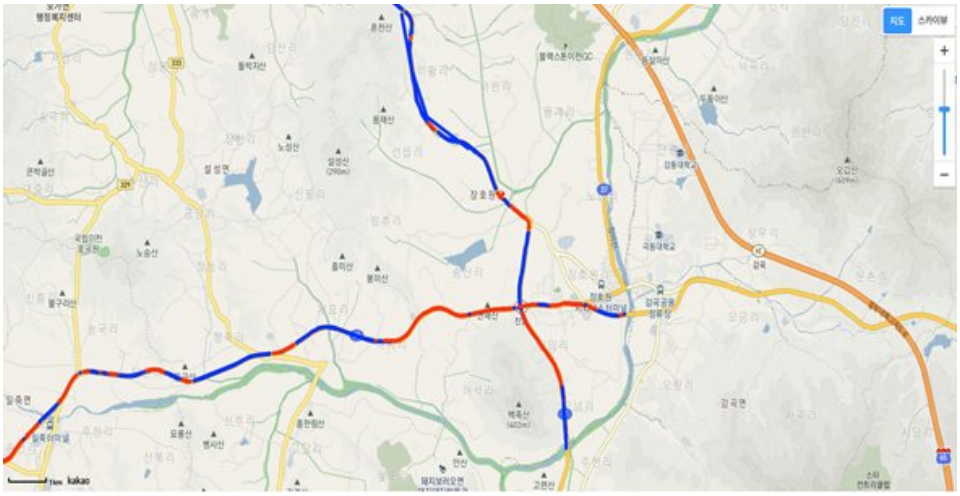
〈그림 4.31〉 표출 상태 선택 화면



〈그림 4.32〉 표출 상태 사용자 지정 화면

(4) 지도표시

- 지도 표시 기능은 조사 및 입력된 정보를 지도에 시각화해서 표현해 주는 기능을 제공한다. 차선 재귀반사도는 시스템에 정의된 기준에 따라서 기준 미달일 경우 붉은색으로 기준을 충족할 경우 푸른색으로 표시한다.
- 확대/축소, 이동, 일반지도/항공지도 보기 등 전자지도에서 일반적으로 제공하는 기능을 익숙한 방식으로 사용할 수 있도록 했다.



〈그림 4.33〉 지도 표시 화면

(5) 추가 속성 정보 표시

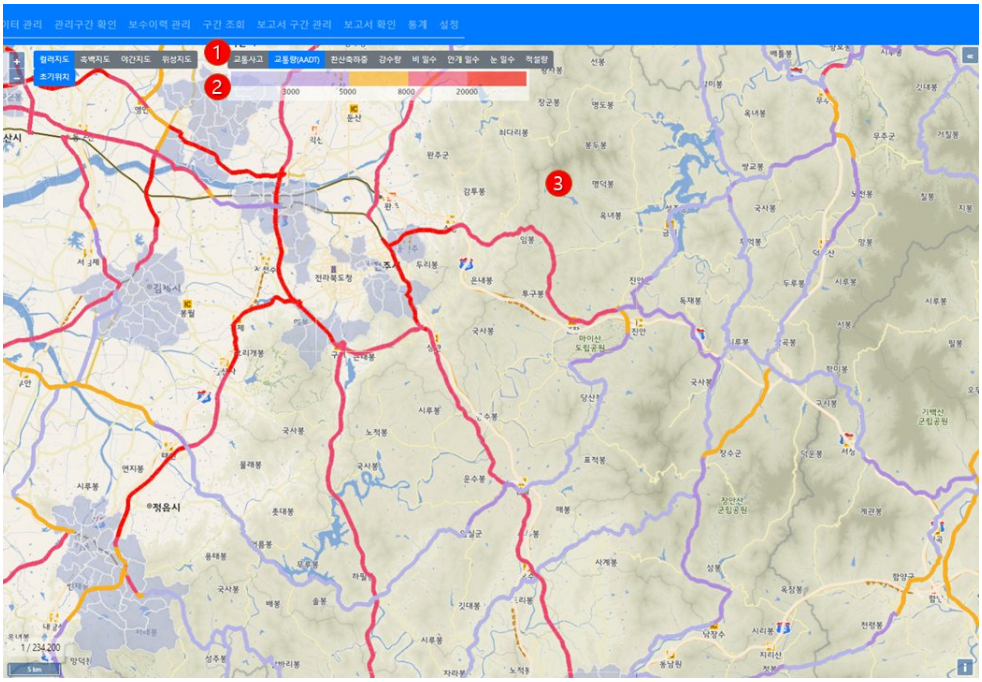
차선의 수명에 영향을 미치거나 차선 품질의 영향으로 발생할 수 있는 다양한 요소를 지도에 표시해 주는 기능을 제공한다.

차선의 수명에 영향을 줄 수 있는 요소로 교통량, 환산축하중, 강수량, 비일수, 안개 일수, 눈 일수, 적설량 등을 제공하고 있으며 차선 품질 불량으로 발생할 수 있는 교통사고 위치 정보를 표시해 줄 수 있다.

① 지도의 상단 추가 속성 정보 선택에서 “교통사고”, “교통량”, “환산축하중”, “강수량”, “비 일수”, “안개 일수”, “눈 일수”, “적설량” 중 하나를 선택하면 지도의 노선에 해당 속성이 표시된다.

② 선택한 속성에 따른 범례가 표시된다.

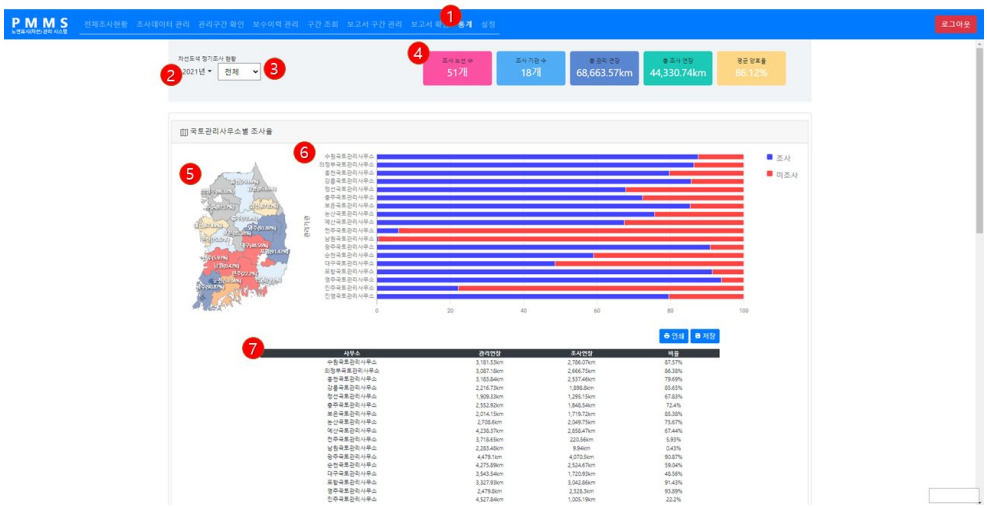
③ 선택한 속성은 상태에 따라서 색상으로 차선에 표시된다.



〈그림 4.34〉 추가 속성 정보 화면 예시

2) 통계 확인

수집된 자료는 통계 기능을 통해서 전반적인 차선의 현황을 분석할 수 있다. 각 국토관리사무소들의 조사율, 양호율, 조사연장 등의 통계기능을 제공하고 있다.



〈그림 4.35〉 국토관리사무소별 조사율 통계 화면 예시

① 통계 기능 사용을 위해서 상단 메뉴 중 “통계”를 클릭한다.

② 통계를 확인하고자 하는 연도를 선택한다.

③ 통계를 확인하고자 하는 국토관리사무소를 선택한다. 관리자일 경우 전체(전국) 선택이 가능하며, 각 국토관리사무소로 로그인했을 경우 해당 사무소가 기본적으로 선택된다.

④ 선택한 연도, 사무소에 대한 통계 요약 정보가 표시된다.

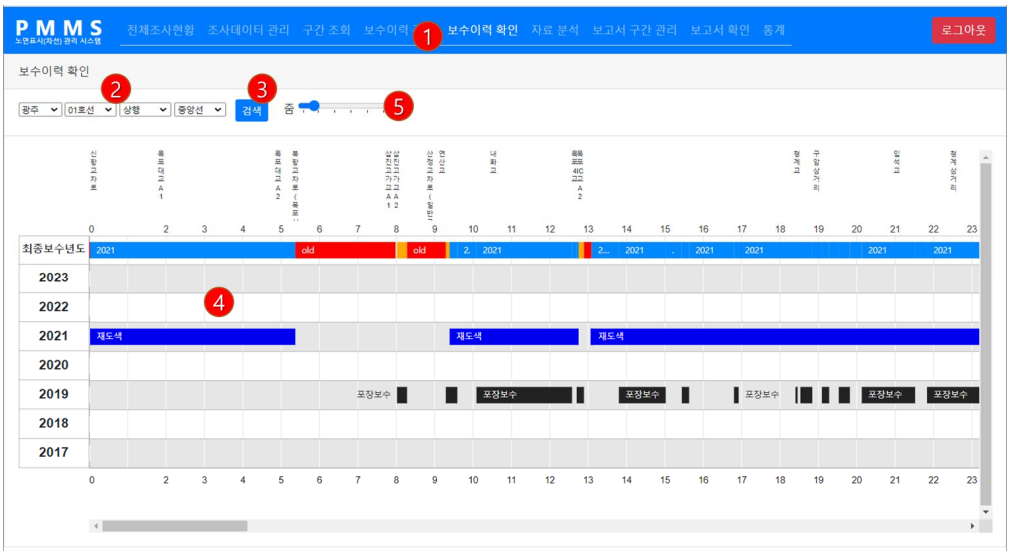
⑤ 지도의 형태로 통계 정보가 표시된다.

⑥ 막대그래프 형태로 통계 정보가 표시된다.

⑦ 수치화된 테이블 형태로 통계 정보(사무소별, 호선별)가 표시된다.

3) 보수이력 확인

수집된 보수이력 자료는 보수이력 확인 기능을 이용해서 연도별 보수 내역을 분석할 수 있다.



〈그림 4.36〉 보수이력 확인 화면 예시

① 보수이력 확인 기능을 사용하기 위해서 상단 메뉴 중 “보수이력 확인”을 클릭한다.

② 보수이력을 확인하고자 하는 국토관리사무소, 노선, 방향, 차선을 선택한다.

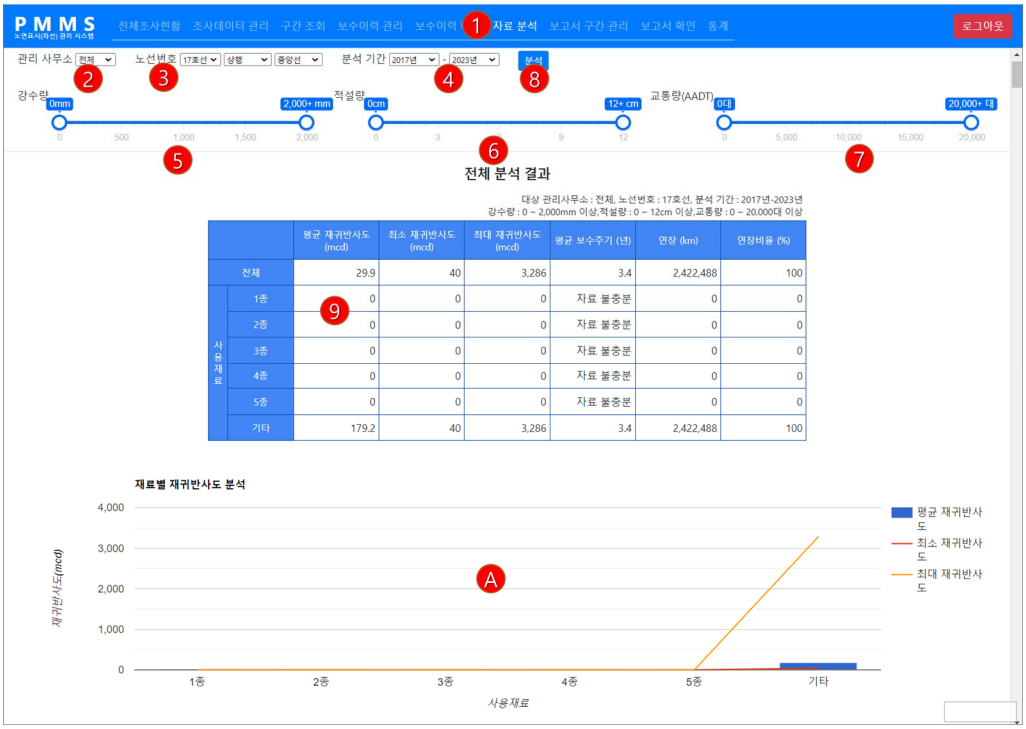
③ 보수이력 확인 조건을 선택한 후 “검색” 버튼을 클릭하여 조건에 맞는 보수이력 검색한다.

④ 검색이 완료되면 보수 내역이 표시된다. X축은 노선의 시점으로부터 연장이며, Y축은 차로 보수 년도를 의미한다. 보수이력의 첫 행은 최종보수년도를 표시하며, 두 번째 행 부터는 각 년도의 보수 구간과 보수 내용을 표시한다.

⑤ 줌 기능을 사용하여 연장의 축척을 변경할 수 있다. 이 기능을 사용하여 짧은 구간을 보다 자세히 확인하거나 보다 긴 구간을 한 눈에 확인할 수 있다.

4) 자료 분석

수집된 재귀반사도와 보수이력 데이터를 효과적으로 분석하기 위해서 자료분석 기능을 제공한다. 사용재료에 따른 재귀반사도, 재료별 평균 보수주기, 재료별 연장 분석 기능을 제공한다.



〈그림 4.37〉 자료 분석 화면 예시

① 자료 분석 기능을 사용하기 위해 상단 메뉴에서 “자료 분석 확인” 버튼을 클릭한다.

② 자료를 분석할 관리사무소를 선택한다.

③ 자료를 분석할 노선번호, 방향, 노선을 선택한다.

④ 자료를 분석할 분석 기간을 선택한다.

⑤ 강수량이 차선의 상태에 미치는 영향을 분석하기 위해서 강수량 조건을 선택한다.

⑥ 적설량이 차선의 상태에 미치는 영향을 분석하기 위해서 적설량 조건을 선택한다.

⑦ 교통량이 차선의 상태에 미치는 영향을 분석하기 위해서 교통량 조건을 선택한다.

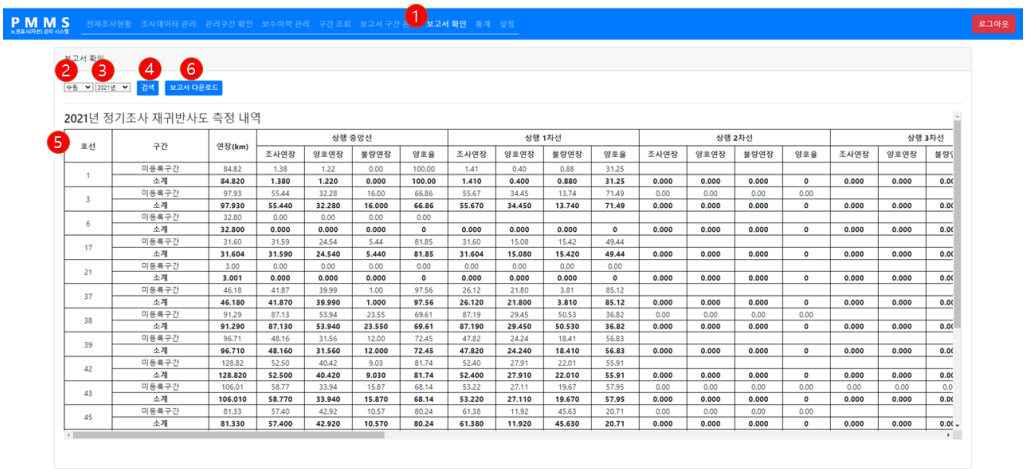
⑧ 분석할 조건을 모두 선택한 후 “분석” 버튼을 클릭하여 분석을 시작한다.

⑨ 시스템에서 분석이 완료되면 분석자료를 테이블로 표출한다. 테이블의 열은 평균 재귀반사도, 최소 재귀반사도, 최대 재귀반사도, 평균 보수주기, 연장, 연장비율로 구성되어 있다. 테이블의 행은 사용재료의 종류로 구성된다.

⑩ 분석 데이터를 직관적으로 이해하기 위해서 그래프 기능을 제공한다. 재료별 재귀반사도 분석, 재료별 평균 보수주기 분석, 재료별 연장 분석 그래프를 제공한다.

5) 보고서 확인

각 사무소별로 재귀반사도 측정 내역을 보고서로 화면에 표출해 주고, 이를 엑셀 형식으로 다운로드해서 업무에 활용할 수 있는 기능을 제공한다.



〈그림 4.38〉 보고서 확인 화면 예시

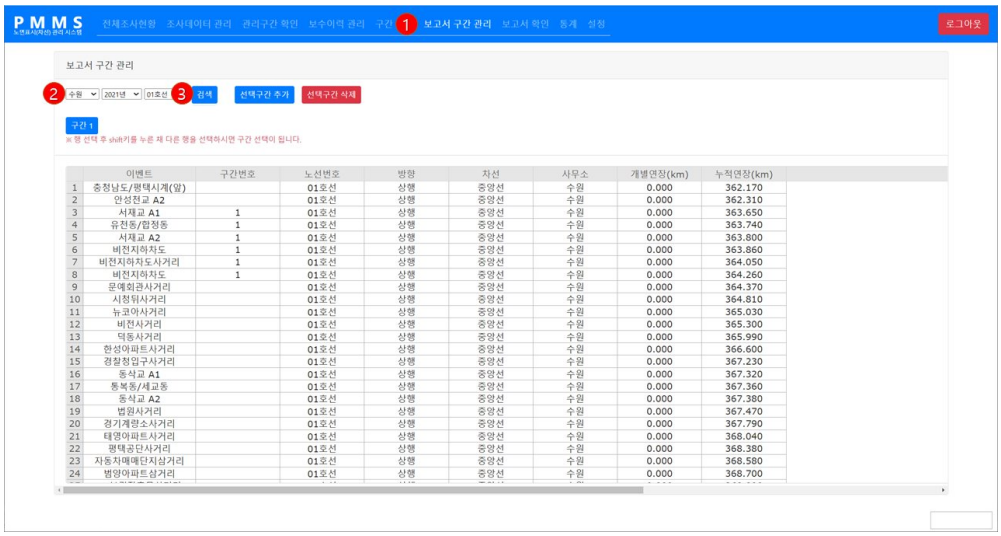
① 보고서 기능을 사용하기 위해 상단 메뉴에서 “보고서 확인” 버튼을 클릭한다.
② 확인하고자 하는 사무소를 선택한다.
③ 보고서로 확인하고자 하는 조사 연도를 선택한다.
④ 사무소 및 조사 연도가 잘 선택되어 있으면 “검색” 버튼을 클릭해서 보고서를 화면에 표출한다.
⑤ 표출된 보고서의 세로축은 호선 및 구간, 가로축은 차선별 정보를 표시해 준다. 각 호선, 차선별로 조사연장, 양호연장, 불량연장, 양호율을 표출해 주고 있어서 다양한 활용이 가능하다.
⑥ “보고서 다운로드” 버튼을 클릭해서 화면에 표출된 보고서를 엑셀형태로 다운로드 받을 수 있다.

6) 보고서 구간 정보 설정

보고서 기능을 보다 정밀하게 사용하기 위해서는 보고서 구간 정보를 미리 설정해 놓아야 한다. 구간 설정이 되어있지 않을 경우도 기본적으로 호선별로 보고서가 출력되나, 구간이 설정되어 있으면 구간별로 보다 상세한 보고서가 출력된다.

보고서 구간 정보 설정을 위해서 먼저 보고서 구간 관리 메뉴에 진입해서 구간을 나눌 호선의 정보를 조회한다.

① 보고서 구간 관리 기능을 사용하기 위해 상단 메뉴에서 “보고서 구간 관리” 버튼을 클릭한다.
② 구간을 나눌 사무소, 연도, 호선을 선택한다.
③ 검색 버튼을 클릭하여 해당 호선의 정보를 검색한다.

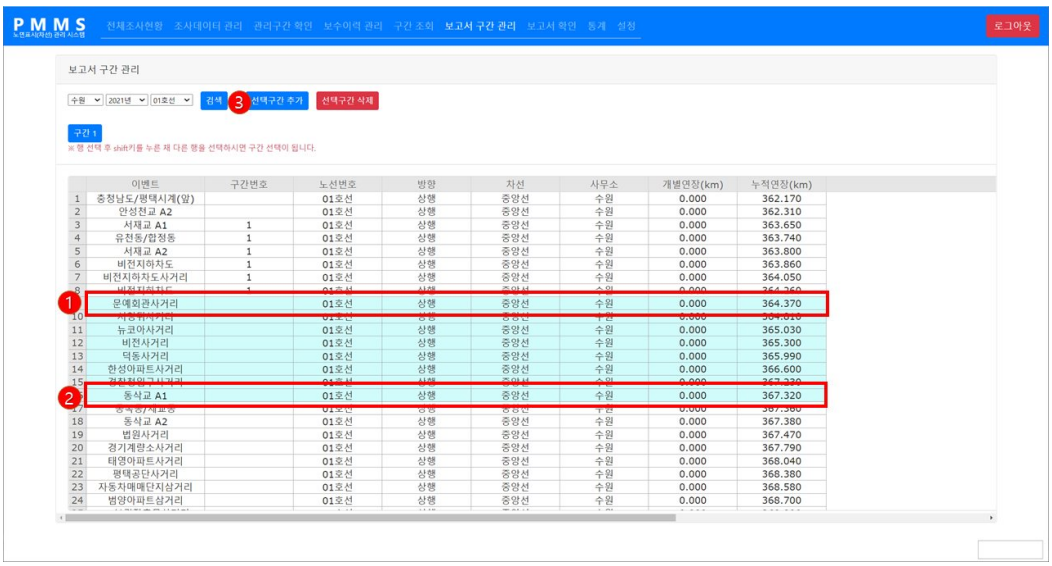


〈그림 4.39〉 보고서 구간 관리 예시 화면

① 구간의 시작점 이벤트를 클릭한다.

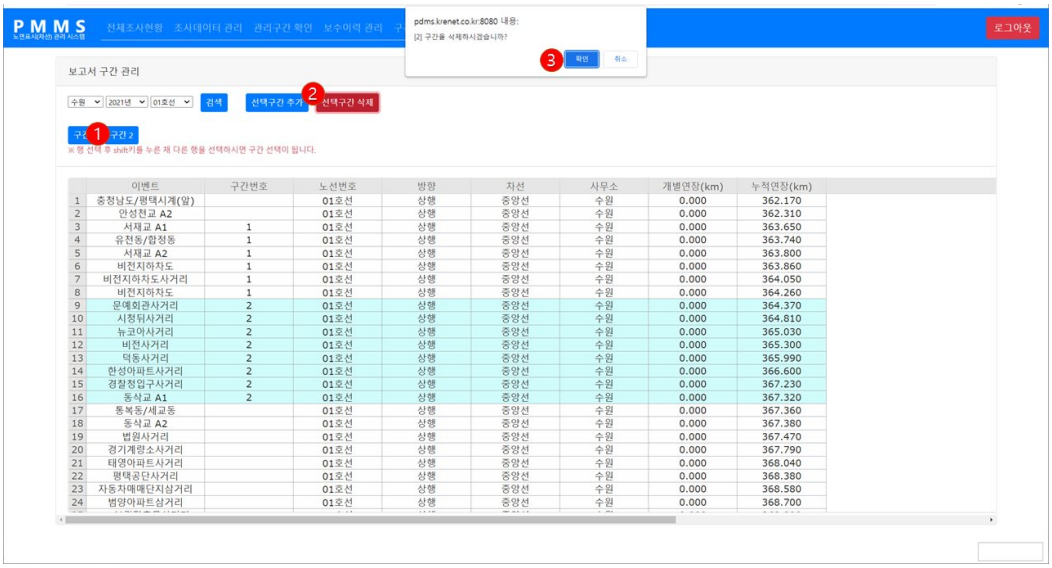
② Shift 버튼을 누른 상태에서 종점 이벤트를 클릭한다.

③ “선택구간 추가”버튼을 클릭하여 구간을 추가한다.



〈그림 4.40〉 보고서 구간 추가

보고서 구간을 잘못 했거나 구간의 수정이 필요할 경우 수정할 구간을 선택 후 삭제가 필요하다.



〈그림 4.41〉 보고서 구간 삭제

① 삭제할 구간을 선택한다. 구간을 선택하면 리스트에서 해당 구간의 배경색이 강조되어 표시된다.

② “선택구간 삭제” 버튼을 클릭한다.

③ 삭제 확인 팝업이 뜨면 “확인” 버튼을 클릭하여 구간 삭제를 완료한다.

부록

재귀반사도 측정 장비 운영 방법

1. 재귀반사도 측정 장비 종류 및 특징
2. 재귀반사도 측정 장비 검·교정
3. 이동식 재귀반사도 측정 장비 운영 방법

부록

재귀반사도 측정 장비 운영 방법

1 재귀반사도 측정 장비 종류 및 특징

노면표시 성능 평가에서 재귀반사도 측정이 가장 중요하며, 부가적으로는 채도 변화, 마모, 벗겨짐 등 시인성의 영향을 주는 물리적인 결함 상태 확인이 중요하다. 노면표시 재귀반사도 측정에는 휴대용(Portable) 재귀반사 측정 장비와 이동식(Mobile) 재귀반사 측정 장비가 활용되고 있다.

1) 휴대용 재귀반사도 측정 장비

휴대용 재귀반사도 측정 장비는 조사자가 직접 운반하여 현장에서 재귀반사도를 측정할 수 있다. 표준판(현재는 주로 백색 표준블록)을 사용하여 자체 교정을 실시한다.



〈그림 5.1〉 휴대용 (Portable) 재귀반사 측정 장비

〈표 5.1〉 휴대용 재귀반사도 측정 장비 특징 및 제원

구분	휴대용 재귀반사도 측정 장비
특징	· 주간/야간 모두 재귀반사도 측정 가능 · 습윤상태 및 우천시에도 재귀반사도 측정 가능
제원	· 측정기하 : 30m · 관측각: EN 1436(2.29°), ASTM E 1710 (1.05°) · 입사각 - RL: EN 1436(1.24°), ASTM E 1710 (88.76°) - Qs : diffuse · 측정면적 : 50mm×200mm

2) 이동식 재귀반사도 측정 장비

이동식 재귀반사 측정 장비는 자동차 옆면에 재귀반사 성능을 조사할 수 있는 반사휘도계(Retroreflectometer)를 부착한 것으로, 보통의 차량 주행 속도로 차선 재귀반사도 성능이 측정 가능해야 하고, 「KS M 6080」, 「ASTM E 1710」, 「EN 1436」 규격에 맞는 30m 기하구조를 가져야 한다.



〈그림 5.2〉 이동식 재귀반사도 측정 장비

〈표 5.2〉 이동식 재귀반사도 측정 장비 특징 및 제원

구분	이동식 재귀반사도 측정 장비
특징	· 차량 운행 중 실시간 차선반사도 측정 · 6m 전방 지점 차선 재귀반사도 측정
제원	· 미국 ASTM E 1710 규격에 맞는 30m 기하구조 · 비디오 영상과 측정값의 Overlay 가능 · 실시간 고속 측정: 최대 110km/h 주행 가능 · 측정 데이터와 거리정보(DMI)를 이용한 데이터 관리 가능

2 재귀반사도 측정 장비 검·교정

2.1 일상 검·교정

노면표시 재귀반사 측정 장비는 정확한 검사 결과가 도출될 수 있도록 주기적인 점검이 필요하다. 검사 장비의 정상 작동 여부를 점검한 후에, 검·교정을 수행해야 한다. 검·교정 작업을 통해 올바른 값이 나오는지 확인하고 조사를 수행해야 한다.

1) 휴대용 재귀반사도 측정 장비

- 검·교정을 받은 장비를 사용해야 한다.
- 차선도료 표준판을 이용하여 검·교정을 해야 한다.

2) 이동식 재귀반사도 측정 장비

- 검·교정을 받은 장비를 사용해야 한다.
- 이동식 측정 장비의 측정값과 휴대용 측정 장비의 측정값은 유사해야 한다. 단, 측정 구간의 값이 동일 구간 유사 측정 구간을 비교 시험한 경우, 최대 15% 이내의 결과값만 허용된다.
- 일상점검은 미리 측정되거나 교정 검사된 차선 도료 표준판을 이용하여

검·교정을 해야 한다.

- 차선 도료 표준판은 재귀반사성능이 동일하거나 유사한 값을 가져야 하며, 재귀반사성능은 150±30mcd/(m²·lx)를 권장한다.

2.2 정기 검·교정(교정성적서)

이동식 재귀반사도 측정 장비의 조사 신뢰도를 높이기 위해서, 측정 장비의 정밀도와 성능 유지는 필수적이다. 따라서 공인된 교정 기관에서 측정 장비의 주기적인 교정이 필수적이다. 휴대용 재귀반사도 측정 장비와 이동식 재귀반사 측정 장비의 교정 주기는 1년으로 한다.

2.3 이동식 측정 장비의 사용자 교육(권장)

이동식 측정 장비로 계측한 결과값의 정확도와 신뢰도 제고를 위해 도로관리청에서는 장비 사용자에 대한 교육을 실시할 수 있다. 교육은 재귀반사 측정 장비 사용 및 운영을 포함한 적정 시간으로 구성하고, 외부 교육기관 및 비영리기관에 교육을 의뢰할 수 있다. 교육을 실시한 기관은 교육 이수자에 대한 수료증을 발행하여야 한다.

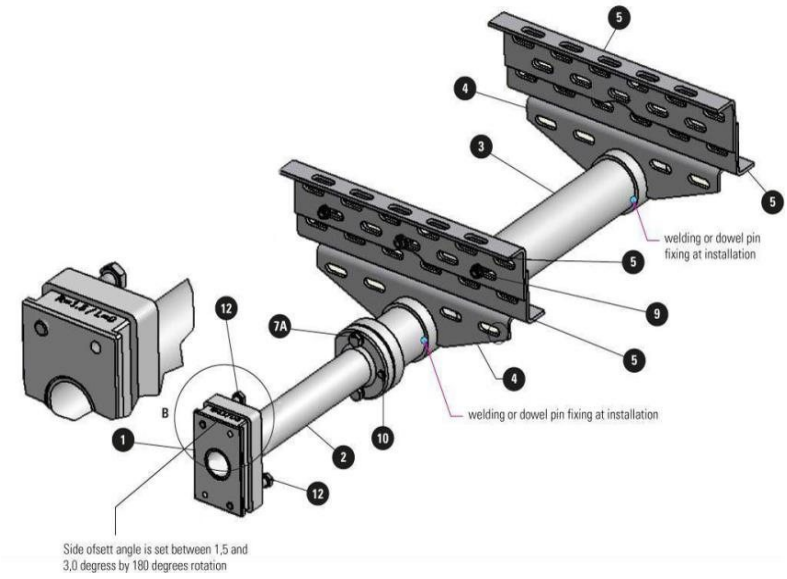
3 이동식 재귀반사도 측정 장비 운영 방법

3.1 측정 센서 장착

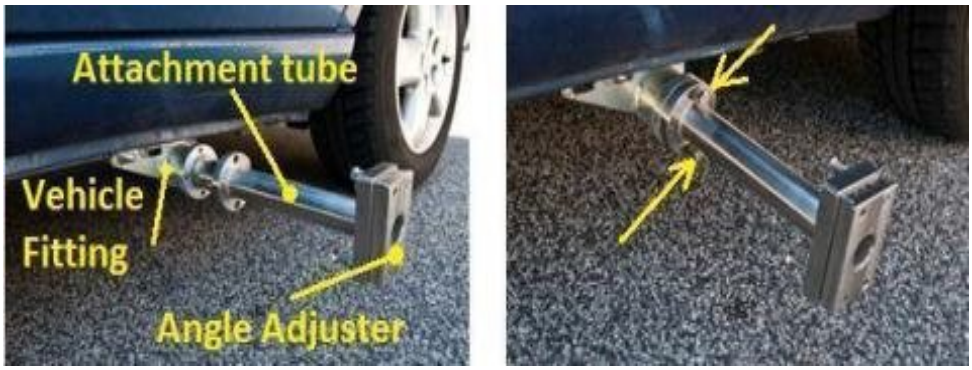
이동형 차선 재귀반사도 장비의 측정 정밀도는 차량의 흔들림과 물체가 튀는 것에 영향을 받진 않지만, 센서의 설치 위치에는 큰 영향을 받을 수 있다. 따라서 휘도 측정 센서의 바닥이 도로 표면으로부터 98mm가 되도록 맞추어야 하며, 이 거리는 장비의 기하학적 구조와 관련이 있다.

차량의 바닥 지지대는 최소 190mm를 권장하며, 이보다 낮을 시, 충격 흡수대를 장착해야 한다. 휘도 측정 센서를 차량 뒤 바퀴 쪽 방향으로 설치한다면, 도로의 움푹 패인 곳과 부딪히는 것을 최소화할 수 있다. 또한, 진흙 덮개를 사용하여 센서에 물과 돌맹이가 튀는 것을 방지할 수 있다.

① 연결 튜브를 차량에 끼고 2개의 나사를 이용하여 고정한다.



〈그림 5.3〉 장비 조립도(예, 델타사 LTL-M)



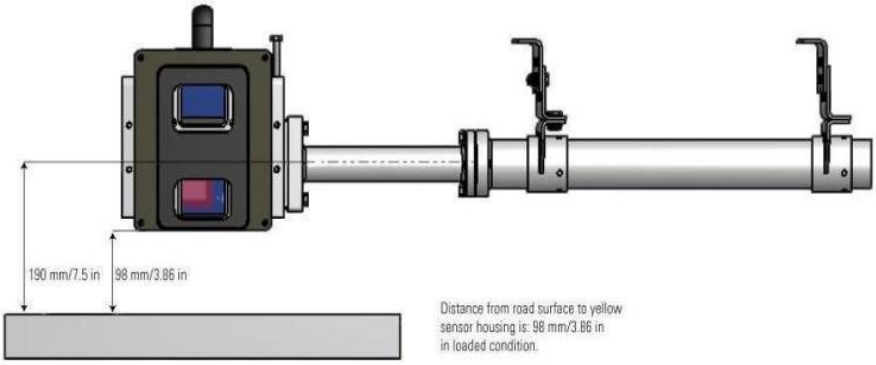
〈그림 5.4〉 장비 연결용 튜브(오른쪽 그림의 나사 2개를 이용하여 고정)

② 각도 조절기를 〈그림 5.3〉의 나사(12)를 이용하여 장착봉(2)에 고정한다. 각도 조절기는 나사(12)와 접속 판을 회전시켜 1.5도에서 3.0도까지 각도를 조정할 수 있다. 〈그림 5.5〉 각도 조절기 윗면 L=3.0 / R=1.5 표시는, 해당 면이 위로 향하게 차량 오른쪽에 장착이 된 경우 보상 각은 1.5도, 왼쪽에 장착이 된 경우 보상 각은 3.0도가 된다는 것을 의미한다.



〈그림 5.5〉 각도조절기 윗면

③ 센서 박스의 바닥 부분부터 도로 표면까지의 거리는 98mm가 되어야 한다. 또한, 장착봉 중앙선에서 도로 표면까지의 거리는 약 190mm가 되어야 한다. 센서 위쪽 고정판 나사를 이용하여 높이를 조절할 수 있다.



〈그림 5.6〉 측성 센서 설치도(예, 델타사 LTL-M)



〈그림 5.7〉 측정 센서 높이 조절 및 높이 조절 나사 위치

〈그림 5.7〉 높이 조절을 위한 나사(1), 각도 조절을 위한 나사(2)와 98mm 높이로 설치된 센서를 보여준다.

④ 센서의 레벨을 맞춘 후 아래 순서에 따라 장치를 고정해야 한다.

- 각도 조절용 나사 2개 고정(〈그림 5.7〉의 왼쪽 참조)
- 옆쪽 고정판 위 나사 4개 고정(〈그림 5.8〉의 왼쪽 참조)
- 각도 조절기 뒤쪽 나사 2개 고정(〈그림 5.8〉의 오른쪽 참조)



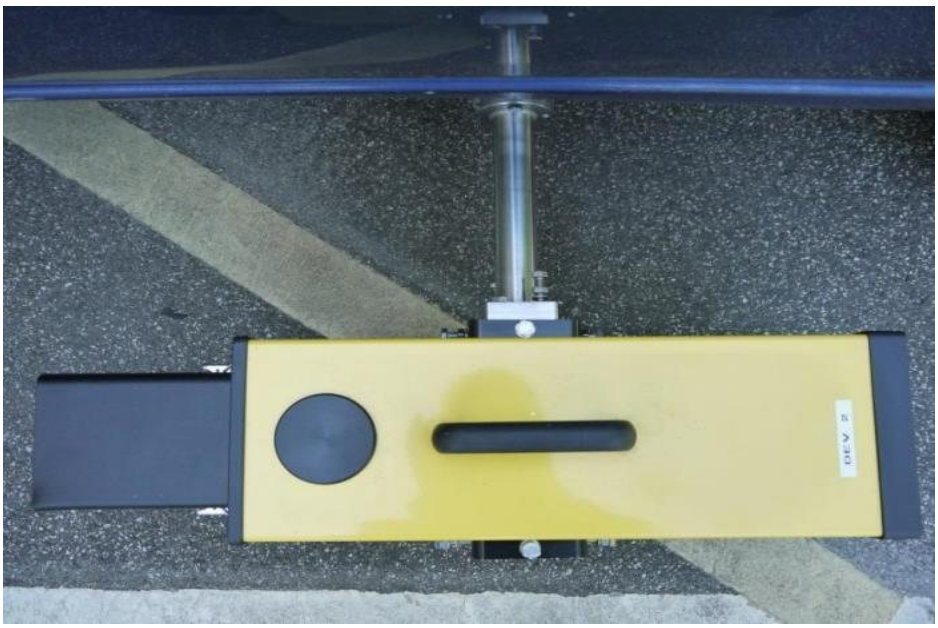
〈그림 5.8〉 각도 조절 및 고정판 고정 나사

⑤ 센서 처리 장치의 햇빛 가리개와 케이블(전원과 데이터 전송) 연결



〈그림 5.9〉 햇빛가리개 설치 및 전원 / 데이터 케이블 연결

⑥ 차량용 전원장치에 처리장치를 연결한 후 장치 뒤쪽에 있는 전원 장치를 키면, 센서는 자동으로 켜진다. 만약 차량이 엔진이 켜진 상태에서 전기 공급이 안정하지 않다면, 차량 전원 시스템 지원 UPS(차단 불가한 전원 공급 장치)를 설치해야 한다.



〈그림 5.10〉 측정 센서 정상 설치 모습

3.2 DMI(거리 측정 장비)

DMI(Distance Measuring Instrument)는 한 차량 바퀴에 장착하여 이동하는 거리를 측정한다. 장비를 설치하고 전원을 켜면 GPS가 설치되어 있지 않는 상태에서도 일정하고 정확하게 거리를 측정할 수 있다.



〈그림 5.11〉 DMI 설정 화면

DMI 장치를 이동형 재귀반사도 조사 장비 시스템에 연결하고 “설정” 색인표에서 “DMI 장치 사용(Enable DMI unit)”을 누르면 사용할 수 있다.

“양극 및 음극 신호 연결(Positive and negative signal connected)”은 DELTA사 DMI 장치를 사용할 수 있도록 해준다. DMI 장치를 사용할 수 없다는 오류가 발생한다면, 이 옵션이 체크되어 있는지 확인해봐야 한다.

1) DMI 장비 장착

이동형 재귀반사도 조사 장비의 DMI는 한 차량 바퀴에 장착되어 정확한 거리를 측정한다. DMI 장치 안에는 고정판, 암호기, 3~4바퀴 자물쇠와 차량 옆쪽 고정 장대가 있다(〈그림 5.12〉 참조). DMI는 차량 안쪽 처리장치와 케이블로 연결되며, 바퀴 자물쇠는 17, 19 그리고 21mm의 크기를 사용할 수 있고,

고정판은 차량 바퀴 크기에 따라 2종류를 사용할 수 있다.



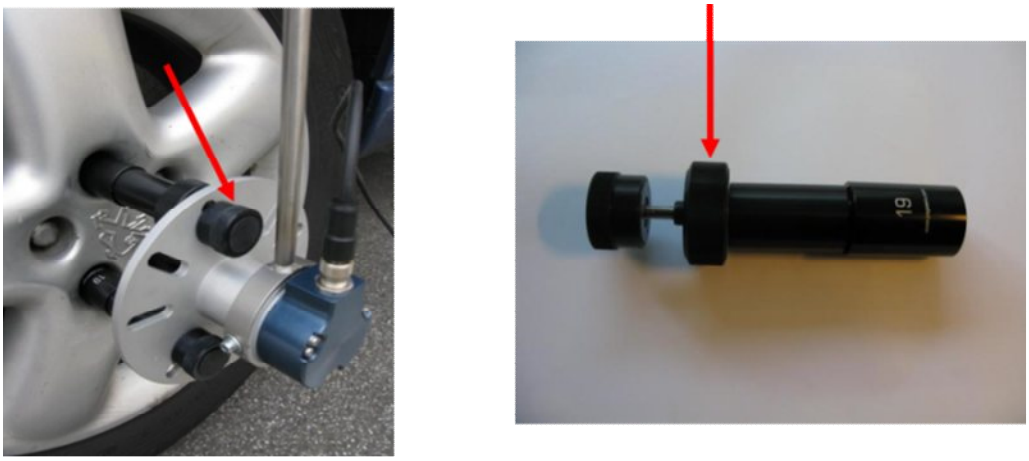
〈그림 5.12〉 DMI 장착모습

① DMI는 차량 바퀴 중 하나에 설치되고 차량 모양이나 바퀴 크기에 따라 바퀴 자물쇠를 〈그림 5.13〉와 같이 장착한다.



〈그림 5.13〉 바퀴 볼트 패턴에 따른 바퀴 자물쇠 장착 방법

② 바퀴 자물쇠는 중앙 마디가 있는 나비 모양의 암나사를 연결한 후 바퀴 자물쇠를 장착하고 그 위에 볼트로 중앙 마디가 있는 나비 모양의 암나사를 강하게 조인 후 고정한다(〈그림 5.14〉 참조).



〈그림 5.14〉 바퀴 자물쇠 고정 방법

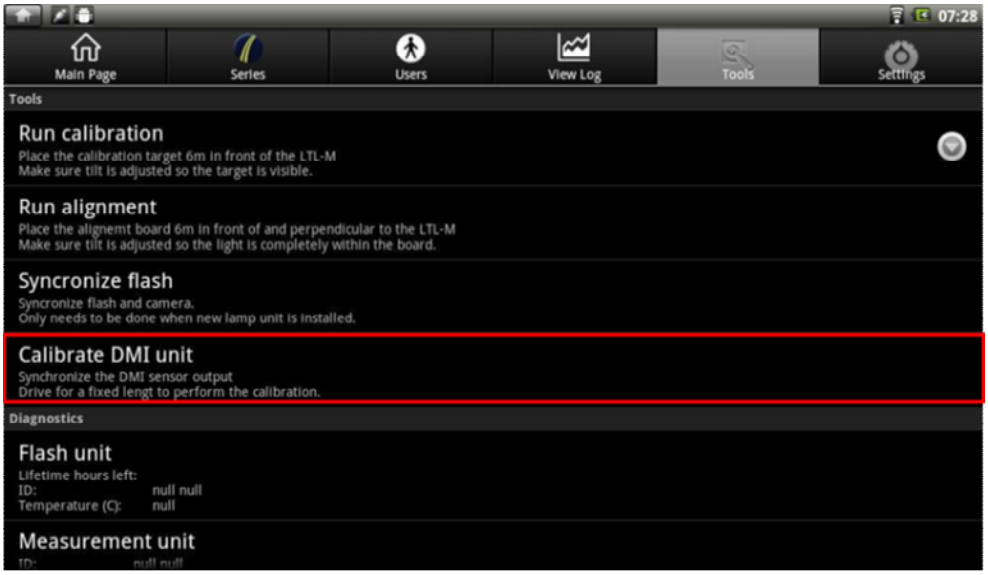
③ DMI용 장대를 고정하고 장대 고정용 컵은 차량에 단단하게 고정한다. 장대는 위아래로 원활하게 움직일 수 있게 장착한다.



〈그림 5.15〉 DMI용 장대 고정장치

2) DMI(거리 측정 장치) 교정

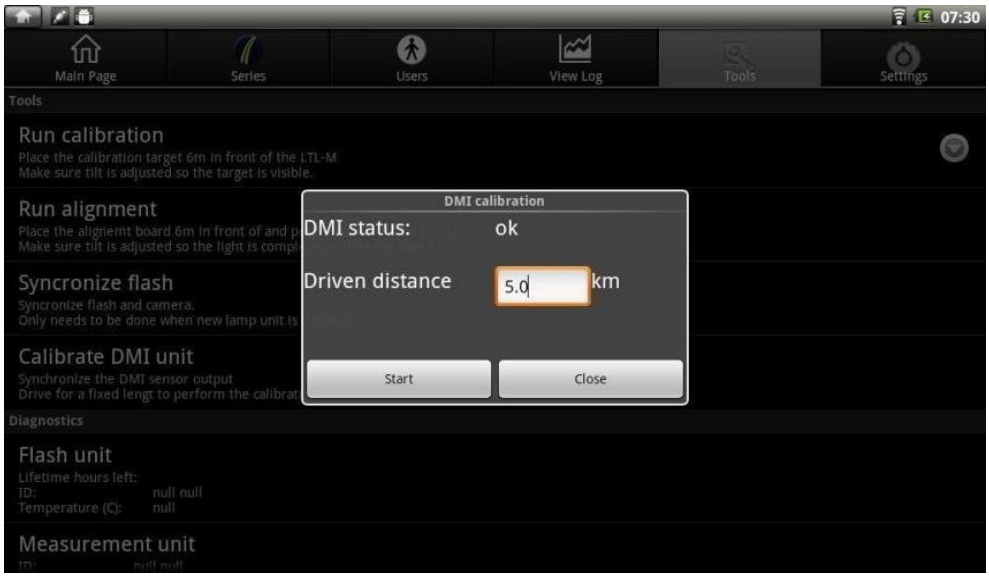
① DMI 장비를 사용하기 전에 교정작업을 선행한다. 프로그램 내 도구 색인표 안에서 “DMI 장치 교정”을 선택한다.



〈그림 5.16〉 프로그램 내 DMI 교정 기능

② 대화 창이 팝업되면 교정을 위해 거리를 입력한다. 정밀한 교정을 하려면 5km 또는 3mile을 입력하는 것을 권장한다.

③ 시작을 누르고 정확하게 거리를 입력한 후 멈춤 버튼을 누른다.



〈그림 5.17〉 DMI 교정 화면

④ 바퀴의 압력이 바뀌거나 DMI 장치가 바퀴 중 다른 바퀴에 설치되었을 경우 교정을 다시 해야 한다.

4 장비의 교정 및 조정

4.1 교정

기존값을 알고 있는 샘플을 이용하여 장비 측정값을 교정해야 한다. 이동형 차선 재귀반사도 조사 장비 시스템 교정은 하루에 최소 한 번이상, 혹은 장비의 위치를 조정하였을 경우 수행되어야 한다.

① 측정 센서를 차량에 장착한 후 시스템을 켠다.

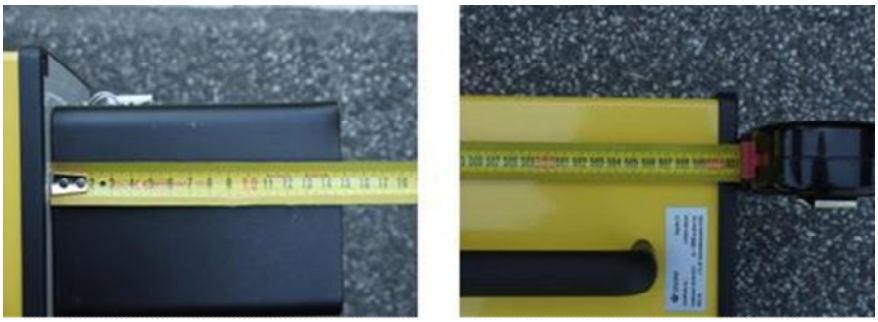
② 부드러운 헝겊과 유리창 청소액을 사용하여 센서의 앞 단에 장착된 보호 유리창을 청소한다.



〈그림 5.18〉 센서 앞 보호 유리창 청소

③ 차량 전조등을 끈다.

④ 교정 박스를 측정 센서 앞면으로부터 정확하게 5.94m 거리에 놓고 교정 박스의 앞쪽 뚜껑이 열려있는지 확인하고 뚜껑을 열어놓는다.



〈그림 5.19〉 교정 박스와의 거리 측정(5.94m)

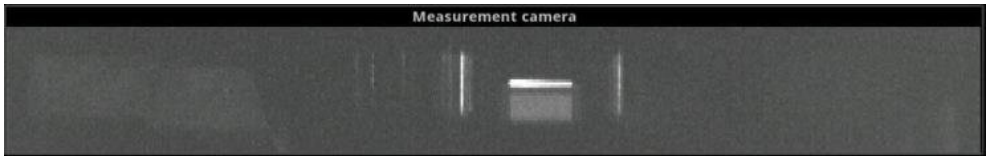
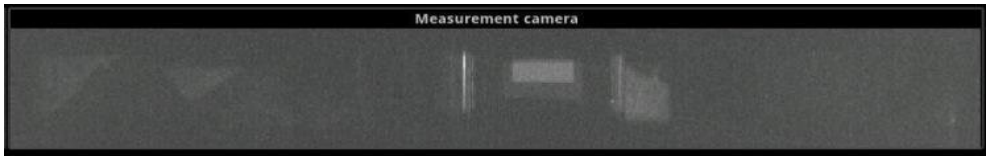
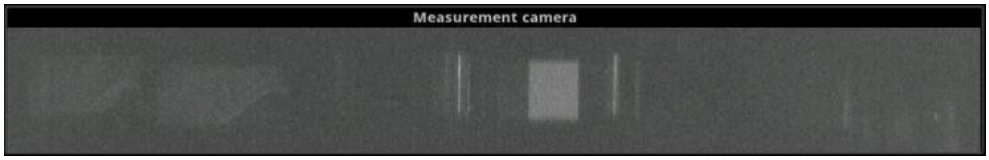
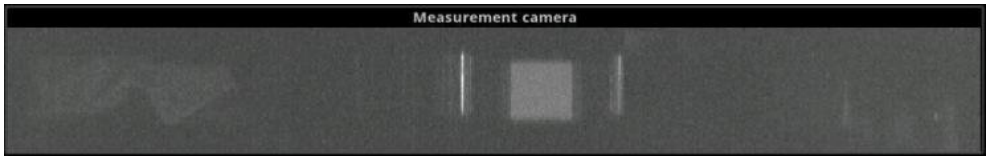
⑤ 태블릿 PC에서 메인 페이지의 측정 시작 버튼을 누른다.



〈그림 5.20〉 프로그램 메인페이지의 측정 버튼

⑥ 태블릿 PC 메인 페이지에 있는 카메라 측정 영역 안에 정확히 목표물이 들어올 때까지 조정한다. 〈표 5.3〉은 교정 예시를 보여준다.

〈표 5.3〉 장비의 교정 예시

	교정 예시
1	 좋지 않은 교정 : 섬광 빛의 세기가 너무 높다.
2	 좋지 않은 교정 : 섬광 빛의 세기가 너무 낮다.
3	 좋지 않은 교정: 반사 영역이 중앙에 오지 않고, 폭이 너무 좁다.
4	 완벽한 교정

⑦ 도구 페이지로 가서 교정 실행 버튼을 누른다.



〈그림 5.21〉 프로그램 내 교정 항목

⑧ 교정 박스에 표시된 교정값과 측정값 비교한다.

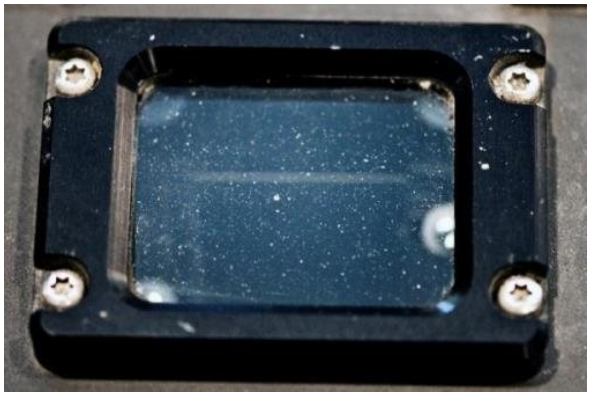


〈그림 5.22〉 교정박스의 교정값

⑨ OK 버튼을 누르면 20~30초 안에 자동으로 교정이 된다. 교정이 완료되면, 스크린에 교정 성공이라고 표시된다. 만약 교정에 실패했다면, 경고 메시지가 나타나고, 아래에 언급된 교정 실패 원인 가능성 내용을 확인해야 한다. 교정이 성공할 때까지 해당 작업을 반복한다. 만약 문제가 지속된다면, 장비 제조사에 연락한다. 정확한 교정 및 재교정을 위해 교정 세라믹 판을 정기적으로 교체해야 한다. 만약 교정 및 측정이 실패한다면, 이전 교정값이 사용된다.

○ 교정 실패의 가능한 원인

- 교정 세라믹 판이 완벽하게 보이지 않을 경우, 교정 박스의 위치와 카메라 각도를 조정한다.
- 교정 박스가 5.94m 거리보다 너무 멀거나 가까울 경우
- 교정 목표물이 측정 장치와 직선상에 놓여있지 않은 경우
- 교정 세라믹 판이 더럽거나 손상된 경우
- 센서의 윈도우가 더럽거나 손상된 경우
- 카메라 윈도우가 돌 조각에 손상을 입은 경우(〈그림 5.23〉 참조)



〈그림 5.23〉 카메라 윈도우의 손상예시

- 센서 장치의 정렬 불량의 경우
- 아이템들이 같은 크기인지와 교정값이 맞는지 확인

- 빛이 교정 목표물 또는 센서 장치에 직접적으로 들어간 경우(〈그림 5.24〉 참조).



〈그림 5.24〉 센서의 빛 노출 예시

4.2 조정

측정에 필요한 모든 상수값들은, 시스템 장비 내부 기준과 측정 영역 사이의 상관관계를 확인하여 조정되어야 한다. 램프가 수명이 다 되었거나, 해당 시스템이 교체되었거나, 정확한 교정값을 얻지 못하였을 경우에는 반드시 조정을 해야 한다. 매월 정기적으로 교정하는 것을 권장한다.

조정판은 장비 뒤쪽 면과 마주하는 센서 앞쪽 검은색 펠트로 테두리로부터 정확히 5.94m 거리에 있어야 한다. 측정 거리는 센서 앞쪽에서 조정판 중앙 사이 거리다. 조정판이 센서에 완전히 수직이 되어야 하고 센서는 태양빛이나 다른 광원으로부터의 직사광선을 피할 수 있는 차고나 그늘이 있는 외부에서 확인하는 것을 권장한다. 빛은 조정판 전체를 일정하게 비춰주어야 하고, 그늘의 명암이 없어야 한다.



〈그림 5.25〉 조정 작업 시 사용되는 조정판

① 센서 장착 후 시스템 켠다.

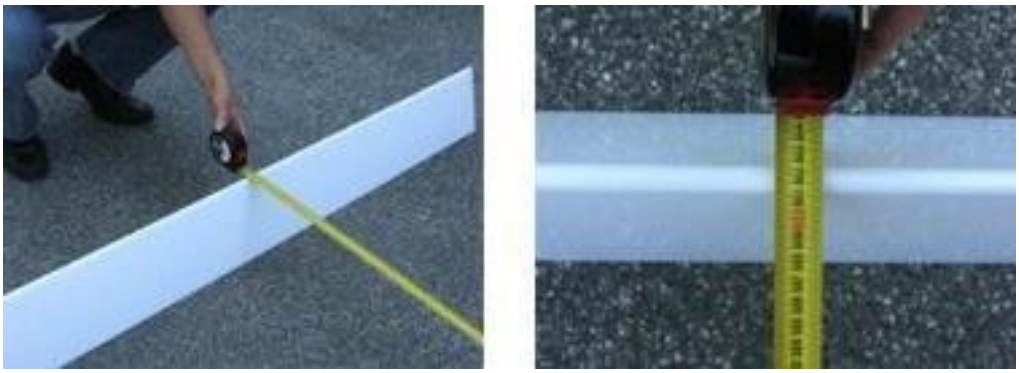
② 센서 앞 윈도우를 부드러운 천으로 닦아준다.



〈그림 5.26〉 센서 앞 보호 유리창 청소

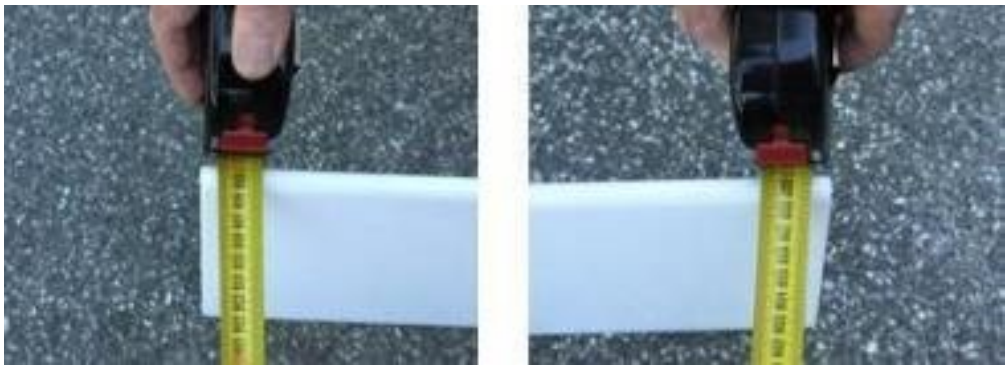
③ 차량의 전조등을 끈다.

④ 조정판을 장비와 정확히 5.94 m 앞에 수직으로 놓는다.



〈그림 5.27〉 조정판과 장비와의 거리 측정(5.94m)

⑤ 조정판의 양쪽 코너의 거리가 같은지 반드시 확인한다.



〈그림 5.28〉 조정판의 양쪽 거리 측정(5.94m)

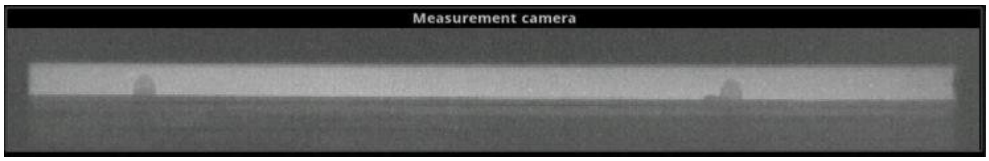
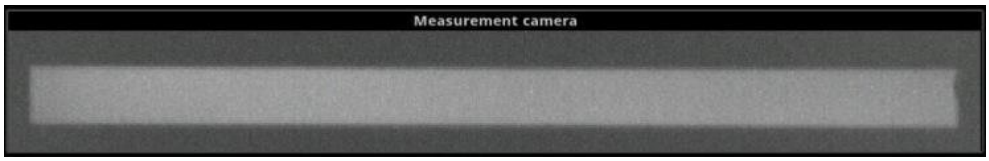
⑥ 태블릿 PC의 메인 페이지에서 측정 시작 버튼을 누른다.



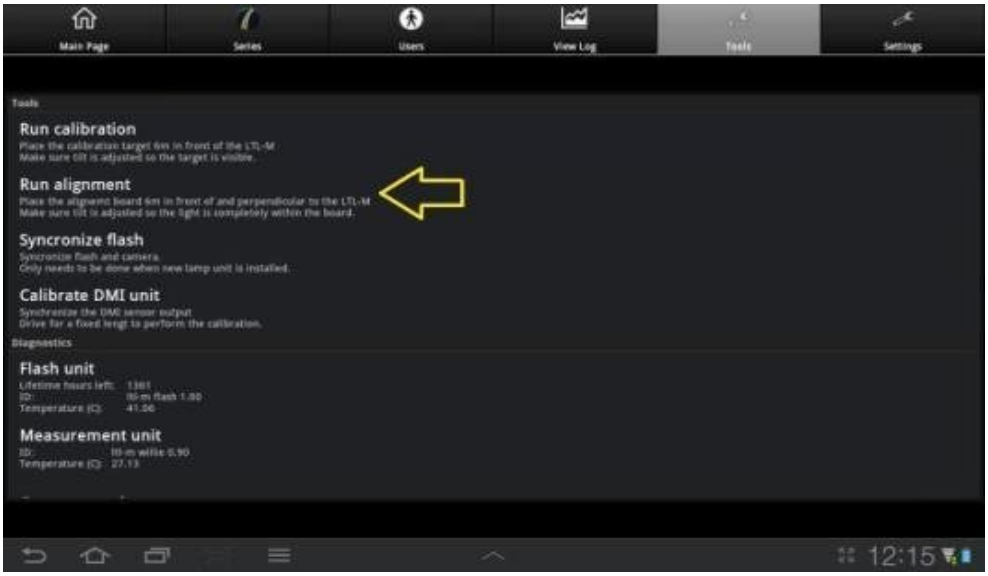
〈그림 5.29〉 프로그램 메인페이지의 측정 버튼

⑦ 장치 기울기를 조정하여 조정 판의 표면이 완전히 측정 영역 안으로 들어오게 한다.

〈표 5.4〉 장비의 조정 예시

	조정 예시
1	 좋지 않은 조정 : 빛 영역이 잘못됨, 화상의 결함
2	 완벽한 조정

⑧ 도구 페이지로 가서 조정 실행 버튼을 누른다.



〈그림 5.30〉 프로그램 내 교정 항목

⑨ 10~20초 안에 자동으로 조정된다. 조정이 완료되면, 스크린에 조정 성공이라고 표시된다. 만약 조정에 실패했다면, 경고메세지가 나타나고, 조정판 위치와 카메라 조정이 정확한지 확인하고 재조정을 실시한다. 조정이 성공할 때까지 해당 작업을 반복한다. 만약 문제가 지속된다면, 장비 제조사에 연락한다. 만약 조정 및 측정이 실패한다면, 이전 조정값이 사용된다.

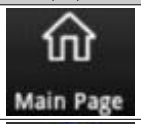
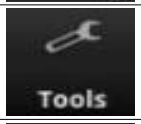
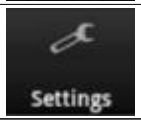
5 프로그램 운영 방법

이동형 차선 재귀반사도 조사 장비는 차량 내부 태블릿 PC를 통해서 시스템 운영 및 측정 결과 데이터 확인을 할 수 있다. 〈그림 5.31〉은 장비 운영 프로그램의 메인 페이지를 보여준다.



〈그림 5.31〉 프로그램 내 메인화면 설명

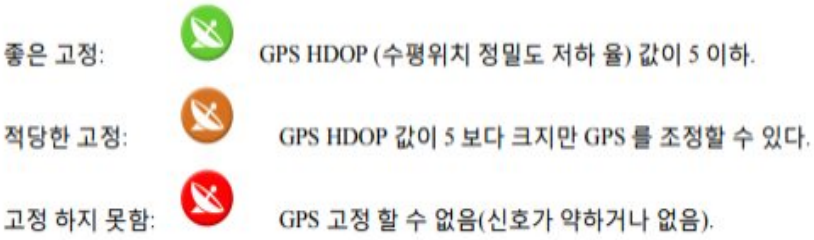
〈표 5.5〉 프로그램 중요항목 설명

항목	아이콘	기능
메인페이지		사용자가 측정 결과 및 측정에 관련된 계수들을 관측할 수 있고, 센서의 조정과 로그를 위한 표시를 추가 할 수 있다.
시리즈 ID		도로 정보를 입력할 수 있다. (도로 이름, 방향, 옆면 등)
사용자 ID		사용자 정보를 입력할 수 있다.
Log 보기		RL 측정결과 (최대, 최소, 평균 및 편차)에 대한 그림과 그래프를 확인할 수 있다.
도구		교정, 시스템 조정, 램프 교체 시 필요한 동기화 그리고 DMI 장치를 관리할 때 사용된다. 시스템 자체 진단 정보도 표시된다.
설정		측정 단위, 차선 표시선 전체 폭 또는 중앙값, 외부 밝기 조절 및 기능 사용 / 미 사용, 전방 카메라 조절, DMI 측정 관련 상세 내용을 변경할 수 있다.

5.1 메인 페이지

1) GPS 상태와 속도

GPS 신호와 GPS로 계산된 차량 속도 정보를 확인할 수 있다. 아이콘의 색깔은 GPS 신호에 대한 질을 의미한다.



속도는 kph(kilometer per hour)로 표시되거나 mph(miles per hour)로 표시된다. 속도의 단위는 설정 페이지에서 조정할 수 있다. 속도는 일반적으로

GPS로 계산되지만, 설정을 통해 DMI를 사용할 수 있다.

2) 측정 카메라 그림

측정 카메라 창에는 실제 측정 영역이 그림으로 표시된다. 차량이 도로 위 정확한 위치에 있는지 운전자에게 안내하고 차선을 볼 수 있어 정확한 측정이 가능하다. 왼쪽 차선 위치는 녹색으로 보이고, 오른쪽 차선은 빨간색으로 보인다. 만약 한 차선만 측정할 경우, 왼쪽 차선으로 간주되어 녹색으로 보인다.

3) 측정과 거리 정보

측정 정보에는 운전자 정보(운전자 확인)와 시리즈 ID(측정도로의 확인) 정보가 표시된다. 측정 기능에서는 측정 거리, 추가될 예상 측정 거리, 측정 경과 시간이 표시된다.

4) 측정 거리와 조정

측정 거리는 차선이 위치한 측정 거리를 보여준다. LTL-M 시스템은 6m를 기준으로 하며, 가능한 이 거리에 근접하여 초점을 맞춘다. 측정을 시작하기 전, 정지 상태에서 장비가 기울어진 것을 조정하여 초점값을 얻는다. 측정을 위해 운전하는 동안 거리는 통상 6.5m로 표시된다. 평평하지 않은 도로 측정 시, 초점거리는 5~7m 사이가 된다. 이 경우, 기울기 위치 표시에서 두 화살 키 ↑↓로 조정하여 보정 할 수 있다.

5) RL 측정에 대한 그래프 표시

RL 측정의 그래프 표시는 왼쪽(녹색)과 오른쪽(빨강) 차선으로 표시된다. 만약 한 차선을 측정하게 되면, 녹색으로만 나타나게 된다. 그래프는 실제 RL 측정값을 연장하여 보여준다. 초당 25개의 R_L 측정값을 그래프로 표시하며, 적어도 1,000개의 R_L 측정값이나 40초 동안의 측정을 표시한다.

6) 차선 로그 버튼

차선 로그에는 운전자가 10개의 임의 차선을 정의할 수 있다. 0.7 ~ 0.8초 동안 버튼을 누르면 한 차선이 정의되며, 두 번째 버튼을 누를 때까지 저장하게 된다. 0.7 ~ 0.8초 이상 버튼을 누르고 있으면 차선이 계속 저장된다.

7) RL 주간 명암과 차선 폭 데이터

화면에 최소 1.5초 이상 평균화된 R_L값, DC값, 차선의 폭이 표시된다.

8) 측정과 저장의 시작과 멈춤

센서의 두 버튼을 사용하여 측정 시작 / 멈춤, 측정 데이터 저장 시작 / 멈춤을 설정할 수 있다.

5.2 시리즈 페이지

시리즈 페이지는 측정 도로 위에 이름, 방향, 쪽, 길이, 일반적인 주석과 해당 사항 등의 정보를 입력할 수 있다. 도로명, 방향, 차선 위치(왼쪽, 중앙, 오른쪽 등), 길이 정보는 메인 페이지에 표시된다. 시리즈 페이지는 오른쪽에 있는 버튼으로 추가, 삭제, 저장할 수 있다. 현재 시리즈는 시리즈 선택 복사 버튼으로 복사할 수 있다. 모든 필드 제한 길이는 글자나 숫자로 길이 제한 없이 입력할 수 있다.



〈그림 5.32〉 시리즈(도로 정보) 입력 화면

시리즈 삭제 경고가 표시되면, 해당 시리즈의 모든 측정 결과는 삭제된다. 데이터를 저장하기 위해서는 최소 한 개이상의 시리즈를 입력해야 하고, 작업 중인 시리즈를 선택하려면 스크린 왼쪽에 나타나 있는 시리즈 이름을 클릭하면 된다. 작업 중인 시리즈는 노란색으로 표시된다.

5.3 사용자 페이지

사용자 페이지에 운전자의 이름과 추가적인 주석 등을 입력할 수 있다. 메인 페이지 위에 운전자에 대한 정보가 표시된다. 해당 정보는 오른쪽 버튼을 사용하여 추가, 삭제, 저장, 복사할 수 있다.



〈그림 5.33〉 사용자 정보 입력 화면

사용자 삭제 경고가 표시되면, 해당 사용자의 모든 측정 결과는 삭제된다. 데이터를 저장하기 위해서 최소 한 명이상의 사용자를 입력해야하고, 현재 사용자를 선택하려면 스크린 왼쪽에 나타나 있는 사용자 이름을 클릭하면 된다. 현재 사용자는 노란색으로 표시된다.

5.4 로그 보기 페이지

로그 보기 페이지에서 전체 평균 박스 안에 오른쪽(빨강)차선과 왼쪽(녹색)차선에 대한 R_L 측정값이 표시된다. 평균치의 범위는 측정 전후를 선택할 수 있다. X-축은 km 또는 mile로 표시되지만, 평균 1m 이상이나 0번으로 평균이 선택되었다면, 측정 횟수로 표시된다.



〈그림 5.34〉 로그 페이지 화면

1) 로그 보기 페이지에서의 데이터

저장된 데이터(25Hz)를 전송할 시, 평균 수치 설정을 "0"으로 하여야 한다. 1m 범위에서 평균이 계산되고 최대, 최소, 평균화된 RL 값 정보 그리고 일반적인 편차 정보가 목록에 들어간다. 데이터를 전송하기 위해선 아래에 언급된 작업 중에서 한 개 이상 체크 표시를 하여야 한다.

- 측정 데이터와 로그파일
- 구글 지도에서 데이터 보기
- 전방 비디오

전송 버튼은 아래와 같이 작동한다.

- 선택 시리즈 전송(Export Selected Series): 스크린 왼쪽에 표시된 시리즈가 전송된다.
- 모든 시리즈 전송(Export ALL Series): 작업이 가능한 모든 시리즈가 전송된다.

도표 업데이트 버튼을 누르면 평균 수치 또는 수정된 선택 로그 페이지 표시 그래프가 업데이트된다. 도표 업데이트 버튼은 데이터 전송, 그래프 그리고 비디오 작업 전에 누를 필요가 없다.

2) 전송

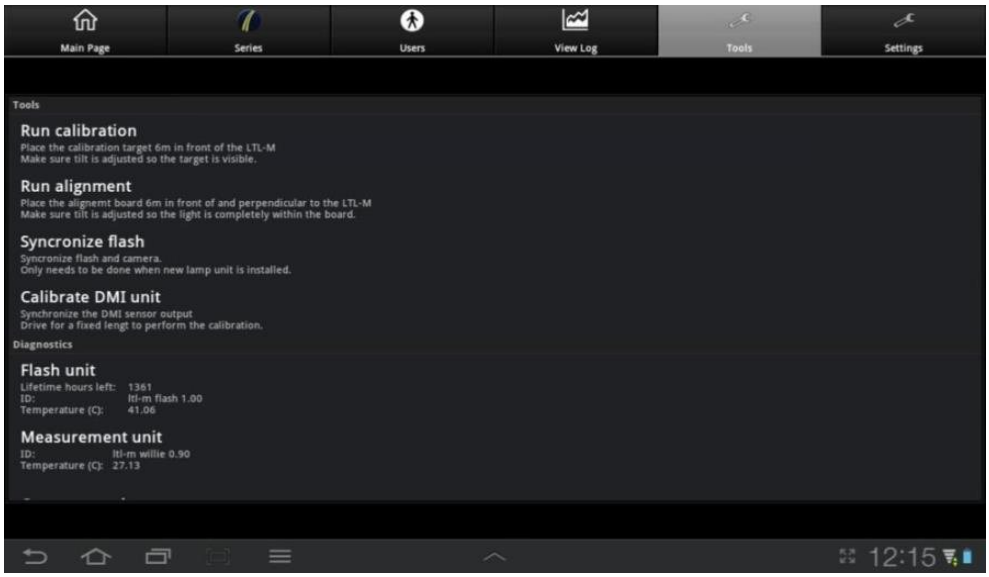
USB 하드 드라이버를 데이터 그리고 비디오 전송 전송 매체로 추천한다. 전송할 데이터의 양이 작다면, USB 메모리 스틱도 사용 가능하다. USB 드라이버를 LTL-M 처리 장치에 삽입한 후, 확인된 시리즈에서 “시리즈 선택 전송”을 한번 누르거나 “모든 시리즈 선택” 버튼을 누르면 데이터, 그래프, 그리고 비디오 정보가 USB 장치 특정 폴더로 전송된다.



〈그림 5.35〉 측정자료 전송 화면

5.5 도구 페이지

도구 페이지는 교정, 시스템 조정, 램프 교체 시에 필요한 동기화 및 DMI 장치의 교정 등의 관리에 사용한다. 도구 페이지의 항목은 다음 〈그림 5.36〉과 같다.



〈그림 5.36〉 도구페이지 화면

1) LTL-M 센서 교정 및 조정, 섬광 동기화

부록 4.1 측정 센서의 교정 및 조정 항목 참조

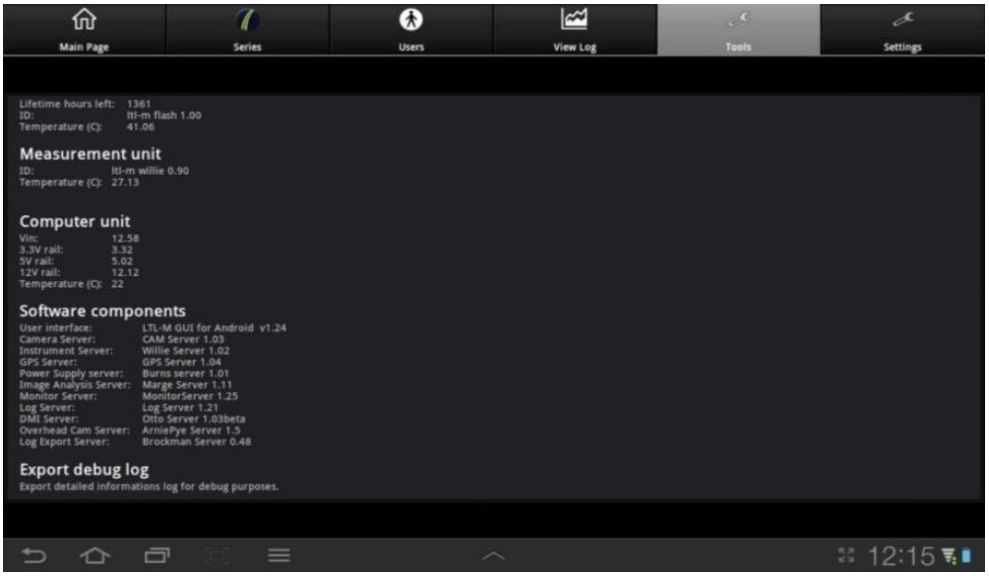
2) DMI 장치 교정

부록 3.2 DMI (거리 측정 장비) 항목 참조

3) 진단

진단은 램프 섬광장치의 예상 수명, 온도 정보, 전압, 소프트웨어 버전을 표시한다. 램프 섬광 장치 정보 알림은 램프 사용 시간을 알려 준다. 섬광 램프는 700시간 동안 안정된 빛을 제공한다.

오류 검출 로그 전송 버튼을 누르면, 진단 로그데이터 (flight data recorder type of infor mation)를 전송하게 된다.



〈그림 5.37〉 진단 페이지 화면

5.6 설정 페이지

설정 페이지는 다음과 같은 항목을 조정할 수 있다.

1) 미터 단위

필드 옆 체크 또는 미 체크 설정으로 단위 선택이 가능하다.

2) RL 중심값

필드 옆 체크 또는 미 체크 설정으로 전체선의 RL값과 중심선의 RL값 선택이 가능하다. LTL-M 시스템은 전체 길이와 스크린 위에 차선의 폭으로 설정되어 있다. LTL-M RL값과 핸드용 반사 휘도계의 RL 중심값을 선택하여 두 값을 비교할 수 있다.

3) Gain 미리 보기

메인 페이지에서 미리 보기로 측정 카메라 영역의 밝기 스케일을 1에서 10까지 조절하여 볼 수 있다.

4) 전방 카메라 기록 사용

오른쪽 사각 모양을 클릭하여 전방 카메라를 사용할 수 있다.

5) 전방 카메라 조정

전방 카메라의 설정을 조정할 수 있다.

6) DMI 장치 사용

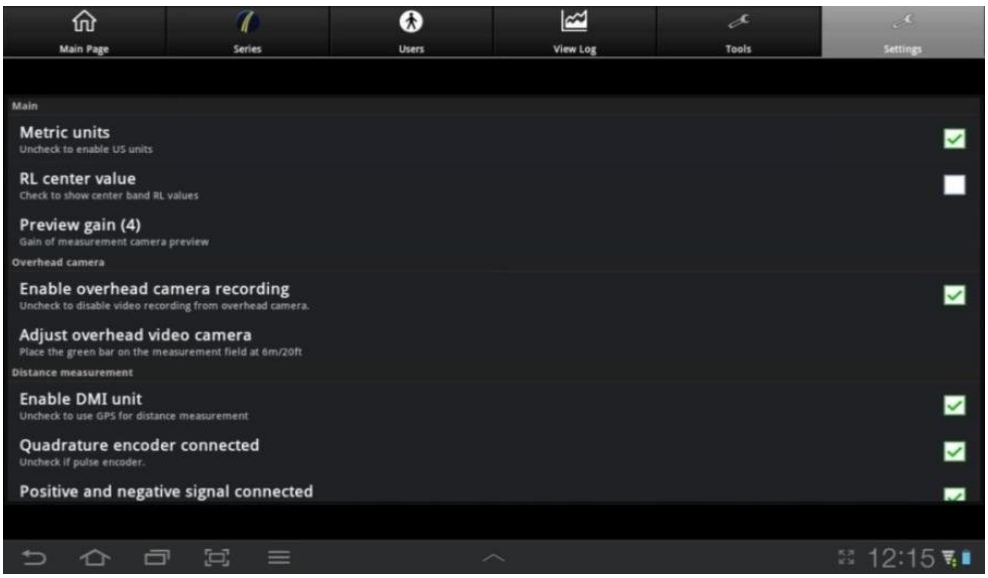
부록 3.2 DMI(거리 측정 장비) 교정 항목 참조

7) 정사각형 암호기 연결

부록 3.2 DMI(거리 측정 장비) 교정 항목 참조

8) 양성적이 또는 음성적인 신호 연결

부록 3.2 DMI(거리 측정 장비) 교정 항목 참조

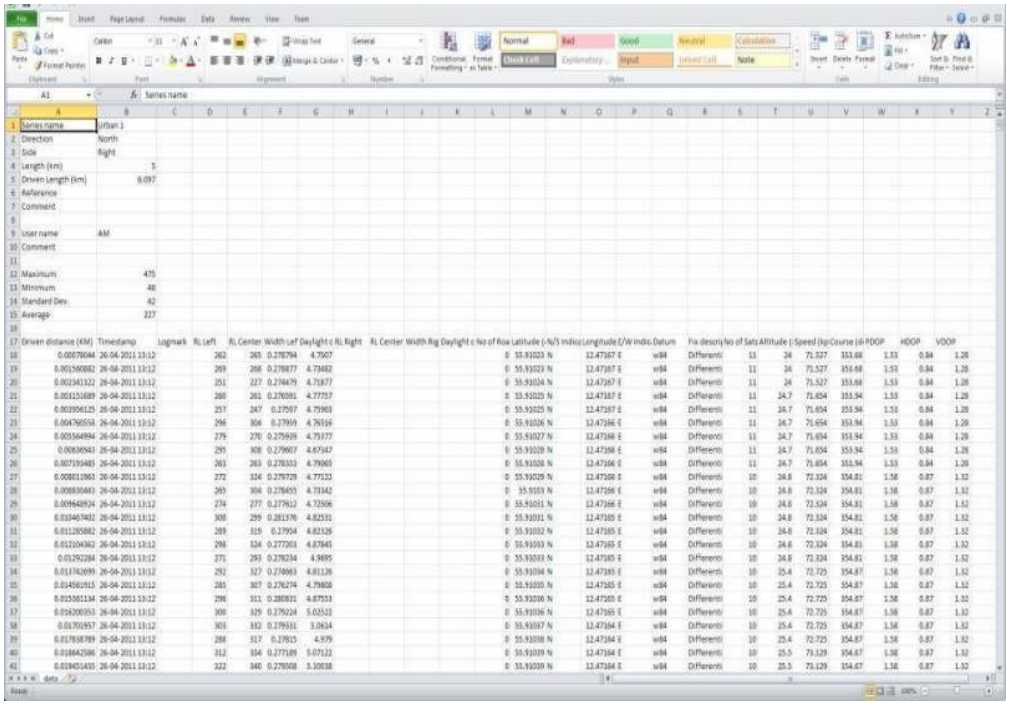


〈그림 5.38〉 설정 페이지 화면

6 측정 데이터의 확인

이동형 차선 재귀반사도 조사 장비는 차량 내부 태블릿 PC를 통해서 시스템 운영 및 측정 결과 데이터 확인을 할 수 있으며, 측정 데이터는 프로그램 로그 페이지에서 이동식 하드디스크로 전송시킬 수 있다.

전송되는 로그파일은 data.txt 파일로 엑셀, 다른 제품의 도표 계산용 소프트웨어, 제3의 소프트웨어로 사용할 수 있다.



〈그림 5.39〉 차선 재귀반사도 측정 데이터

Driven distance	PC로 전송된 평균 거리 (km 또는 miles). (0으로 측정되었다면, 운전 거리는 각자 다르게 전송됨)
Timestamp	측정 날짜와 시간
Logmark	입력한 “차선 로그” 상태
RL Left	왼쪽 차선의 야간 시야 측정, 전체 길이와 폭
RL Center Left	왼쪽 차선의 야간 시야 측정, 중앙 5cm
Width Left	왼쪽 차선의 폭(cm 또는 inch)
Daylight Contrast Left	왼쪽 차선의 주간 명도 값
RL Right	오른쪽 차선의 야간 시야 측정, 전체 길이와 폭
RL Center Right	오른쪽 차선의 야간 시야 측정, 중앙 5cm
Width Right	오른쪽 차선의 폭 (cm 또는 inch)
Daylight Contrast Right	오른쪽 차선의 주간 명도 값
No. of road studs	평균을 결정할 도로 징이 없음
Latitude (deg)	GPS로 측정된 위도
N/S indicator	북반구 또는 서반구
Longitude (deg)	GPS로 측정된 경도
E/W indicator	0도 선의 동쪽 또는 서쪽 면
Datum	지구 표면을 배경으로 한 기준점 데이터 세트
Fix description	GPS 고정에 관한 설명 • 고정 안 됨 / 무효 : 위성 접촉 없음 • 일반적인 GPS (2D / 3D) : 일반적인 위성 정보 • 격차 GPS : 주변 위성 신호를 결합 • 추정 (DR) 고정 : 고정 추산

No. of satellites	계산 산출에 사용되는 위성 수
Altitude	해발고도 (m 또는 feet)
Speed	GPS로 측정된 차량 속도 (kph 또는 mph)
Course (deg)	항로 각도
PDOP*	위치 정밀도 저하율
HDOP*	수직 위치 정밀도 저하율
VDOP*	수평 위치 정밀도 저하율

* GPS 신호 품질에 대한 표시
0~1 : 매우 좋음
1~5 : 좋음
〉5 : 나쁨

참 여 진

◉ 국토교통부 도로관리과

도로관리과장 한 성 수 (044) 201-3909
서기관 김 대 곤 (044) 201-3915
주무관 임 정 훈 (044) 201-3920
주무관 김 윤 구 (044) 201-3916

◉ 연구진 / 한국건설기술연구원

연구책임자 / 이 문 섭 (031) 910-0690
연구원 / 전 성 일 (031) 910-0542, 이 태 훈 (031) 910-0655
김 명 일 (031) 910-0165, 노 재 면 (031) 995-0879
한 승 연 (031) 910-0065

◉ 자문위원 (가나다 순)

김 기 형	(세라)	김 정 무	(경기도)	김 준 용	(경찰청)
김 지 훈	(정석케미컬)	이 용 호	(서울시)	이 상 염	(인덕대학교)
이 진 욱	(서울기술연구원)	서 승 완	(한국도로공사)	정 왕 성	(대동안전)
정 헌 태	(KTI)	한 음	(도로교통공단)		

차선 도색 유지·관리 매뉴얼

2023년 12월 일 인쇄
2023년 12월 일 발행

발 행 : 국토교통부 도로관리과
인 쇄 : 세창문화사

(비매품)

차선 도색 유지·관리 매뉴얼

국토교통부