

어린이 통학버스의 로드 프로젝션 등화장치 표준 제정에 관한 연구

신판주* · 김재철** · 김현***

A Study on the Establishment of a Standard for Road Projection Lighting Devices for School Buses

Panju Shin*, Jaecheol Kim**, Hyun Kim***

Key Words: Children's School Buses(어린이 통학버스), Lamp(등화장치), Road Projection(로드 프로젝션), Stop sign(정지표시장치)

ABSTRACT

When a children's school bus stops on the road, the operator enables an amber flashing light (indicating stopping or slowing) or a red flashing light (indicating that children are getting on and off). Drivers of vehicles passing by the stopped school bus, as well as vehicles in adjacent lanes to the school bus must stop temporarily. However, many drivers are not aware of the laws and do not comply with them, so children are exposed to an increased risk of being hit, especially at night as the color recognition of the vehicle is significantly lower than during the day. In our experiments, messages and shapes using light were projected to the front and rear of a parked school bus, in addition to its red lights flashing.

1. 서론

어린이 통학버스에는 승하차하는 어린이를 보호하기 위하여 다양한 안전장치를 구비하도록 [자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙]⁽¹⁾에 규정되어 있다. 어린이 통학버스 차량 내부의 안전장치로는 Fig. 1과 같이 '하차확인장치', '비상벨'이 있고, 운행에 필요한 안전장치는 '사고기록장치', '운행기록장치', '간접시계장치', '승강구 발판', '후방보행자안전장치'가 있으며, 어린이 통학차량의 승하차를 위한 정차중에는 주변 차량의 접근 및 충돌을 방지하는 안전장치로 '어린이보호표지', '정지표시장치', '등화장치' 등이 있다.

차량 안전장치 중 승하차에 관련된 안전장치의 기능 및 역할에 대하여 설명하고 개선방안을 제시하고자 한다. 어린이 통학버스는 어린이 승하차를 위해 도로 갓길에 정차 후 어린이 통학버스 지붕에 장착된 황색 등화를 점등시켜 어린이 통학버스가 도로상에 임시 정차한 상황을 주변 차량에게 정보를 제공하여 어린이 통학버스에 접근할 때 주의운전을 유도한다. 다음으로는 어린이 통학버스 운전자가 차량 주변의 안전을 확인한 후 어린이 통학버스의 출입문을 개방하게 되는데, 이때 운전석 측면에 있는 "정지표시장치"가 90도로 펼쳐지고, 차량 지붕에서 점등되고 있는 황색 등화가 꺼지면서 적색 등화가 점등된다. Fig. 2와 같이 어린이나 영유아가 타고 내리는 중임을 표시하는 적색 등화가 점등되면 어린이 통학버스가 정차한 차로와 그 차로의 바로 옆 차로로 통행하는 차의 운전자는 어린이 통학버스를 앞지르거나 주행을 할 수 없으며, 적색 등화가 소등될 때까지 일시정지하여야 한다.⁽²⁾

* 한국교통대학교, 전담교수

** 한국교통대학교, 연구원

*** 한국교통대학교, 부교수

E-mail: kankanni@ut.ac.kr



Fig. 1 Children's school buses safe device

안전 운전을 하게 되지만, 야간에는 차량의 색상 인식이 주간보다 현저히 떨어짐에 따라 야간 어린이 통학버스 주변의 어린이를 보호하기 위해서는 도로를 주행하는 주변 차량 운전자에게 시각적인 문구 정보를 제공하여 정확한 행동을 수행할 수 있는 로드프로젝션 등화장치의 역할이 중요하게 대두되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 야간에 어린이 승하차를 위하여 도로 갓길에 정착한 어린이 통학버스를 주변 운전자들이 쉽게 인지하고 일시정지 할 수 있는 로드프로젝션 등화장치의 기술을 설명하고, 로드프로젝션 등화의 실효성 효과에 대한 설문 및 실험을 통하여 로드프로젝션 등화 기준과 규격을 제시하여 어린이 통학버스 로드프로젝션 등화장치 표준 제정을 위한 기초 연구를 수행하고자 한다.

2. 선행연구 고찰

2.1. 회전 신호 램프 노면 묘화

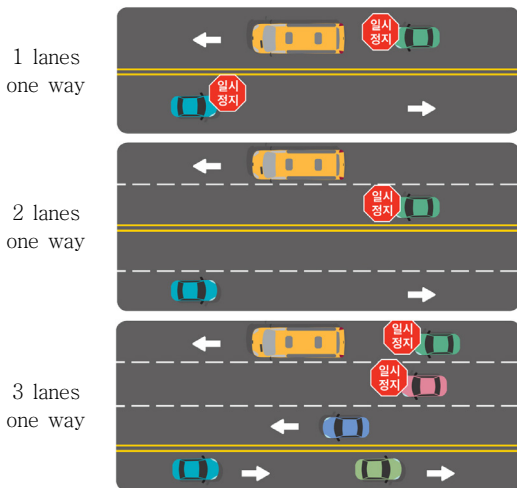


Fig. 2 Vehicle passage method

하지만 대다수의 운전자들은 “정지표시장치”가 펼쳐지는 의미와 “등화장치”의 점등 색상별 행동에 관한 규칙에 대하여 정확히 알고 있지 못하고 있다. “정지표시장치”는 운전석 옆에 설치되어 있어 뒤따르던 차량의 운전자 시선에서 확인이 어려우며, “등화장치”의 경우 황색 등화와 적색 등화의 점등 색상별 운전 행동에 대하여 알지 못함에 따라 어린이 통학버스 주변에서 일시정지를 하지 않고 어린이 통학버스를 추월하거나 옆차선을 주행하고 있다.

이러한 운전자의 행동은 주간보다 야간에 현격한 차이를 보이고 있다. 주간에는 어린이 통학버스의 “정지표시장치”, “등화장치”의 동작과 무관하게 어린이 통학버스 표면에 도색된 황색을 시각적으로 인식하여 차량 주변 접근시

Yuichi Shibata (2020)는 야간 교차로 교통사고를 예방하기 위하여 “회전 신호 램프 묘화의 필요 광도와 눈부심 검증” 연구에 따르면 골목길 교차로에서 차량이 좌회전을 위하여 좌측 깜박이와 로드프로젝션의 화살표를 차량 앞부분 도로면에 묘화된 상황을 가정하여 뒤따르던 오토바이와 좌측에서 걸어오는 피실험자를 대상으로 램프에 필요한 밝기 및 적절한 형상의 도출, 눈부심 확인을 목적으로 정적 정지 실험을 실시하였다. 실험 결과 빛의 강도는 6,350 cd 이상, 800 lx 이하(매우 밝은 스튜디오 사무실 밝기)의 조명으로 도로면 투영한 경우 오토바이 운전자와 보행자가 램프의 묘화를 감지되는 것으로 조사되었다. 또한 10,300 cd의 램프 강도에서도 눈부심이 발생하지 않는 것으로 검증하였다.⁽³⁾

2.2. 후진용 노면 묘화 램프의 필요성능

Yuichi Shibata (2021)는 야간 교차로 교통사고를 예방하기 위하여 “후진용 노면 묘화 램프의 필요성능” 연구에 따르면 골목길 또는 주차장에서 후진하는 차량을 가정하여 후면 도로면에 후진 신호 램프를 묘화하고 핸드폰을 보면서 걷는 피실험자를 대상으로 노면 묘화 관능 평가 실험을 3가지 방법으로 실시하였다. 첫 번째로 후진 신호 램프 3개의 화살표 모양을 지속적으로 등화시키는 방법, 두 번째는 후진 신호 램프 3개의 화살표 모양을 5초 동안 점등 및 소등을 반복하는 방법, 세 번째로는 후진 신호 램

프 3개의 화살표 모양 순차적으로 점등하는 방법을 실험한 결과 순차 점등은 묘화 형상의 변화 방향과 진행 방향이 일치함에 따라 차량의 움직임을 올바르게 이해하기 쉬운 점등으로 검증하였다.⁽⁴⁾

2.3. 스쿨버스 앞지르기 기준

미국 펜실베이니아 법령, Title 75, “3345. 스쿨버스를 만나거나 추월하는 행위”에 따르면 고속도로나 교통로에 정차하는 스쿨버스와 마주치거나 추월하는 차량의 운전자는 스쿨버스의 빨간 신호등이 깜박이고 사이드 스톱 신호암이 활성화될 때 스쿨버스에 도달하기 전에 최소한 10피트 전에 정지해야 한다. 빨간색 점등 신호등이 더 이상 작동하지 않을 때까지 운전자는 계속해서 정지되어야 한다. 어떤 경우에도 스쿨버스에서 하차한 어린이가 안전한 장소에 도착할 때까지 차량의 운전자는 이동할 수 없다. 스쿨버스가 정차하는 교차로에 접근하는 차량의 운전자는 깜박이는 빨간색 신호등이 더 이상 작동하지 않을 때까지 해당 교차로에서 차량을 정지시켜야 한다.⁽⁵⁾

3. 로드프로젝션 등화장치 개념

프로젝션은 영사기와 유사한 기능으로 사진이나 화상을 확대하여 빛을 통하여 투영하는 장치를 말한다. 로드프로젝션(Road projection)은 도로면에 투영할 형상에 그림을 LED 광원과 렌즈를 통해 반사시켜 도로면에 투영하는 방식으로 도로면에 투영된 형상의 그림을 묘화라고 한다. 묘화된 그림을 도로 운전자가 규정속도로 운전시 일정 거리에서 인식하고 일시정지를 할 수 있어야 함으로 묘화에 밝기가 매우 중요하다. 밝기를 표현하는 방법으로는 도로면에 도달한 빛의 양을 조도(lx)라고 하고 빛이 도로면에 반사되는 밝기의 광량을 휘도(cd)라고 한다. 본 연구에서는 객관적으로 측정될 수 있는 조도(lx) 기준으로 검증한다.

3.1. 로드프로젝션 설치 위치

Fig. 3과 같이 로드프로젝션(Road projection) 등화장치는 기존 어린이 통학버스 지붕 전, 후면에 설치된 등화장치 측면에 설치하여 어린이가 승하차하기 위하여 어린이 통학버스 조수석 탑승구 출입문이 개방되면 기존 등화장치의 적색 등화와 함께 점등시키고자 한다. 어린이 통학버스 운전석 옆 차선 도로 바닥면에 묘화되어야 됨에 따라

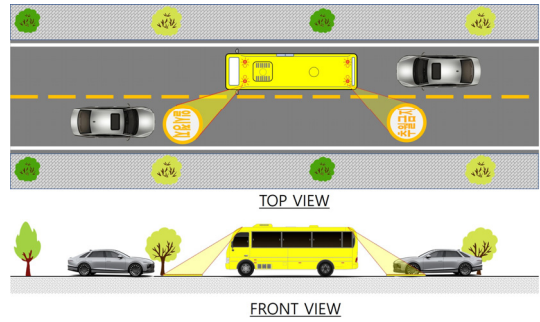


Fig. 3 Road projection concept

운전석 방면 전,후면에 설치하며, 어린이 통학버스 전면 반대차선에는 “일시정지” 후면 반대차선에는 “추월금지” 문구를 묘화하여 어린이 통학버스 주변 도로를 운행하는 운전자에게 명확하게 인식할 수 있는 문구를 제공하여 안전운전을 유도하고자 한다.

3.2. 로드프로젝션 묘화 형상

국내 도로 폭은 최소 3.0 m에서 최대 3.5 m의 폭으로 설계되어 있으며, 자동차의 종류, 교통량, 그밖의 교통 특성과 지역 여건 등에 따라 필요한 경우 회전차로의 폭과 설계속도가 시속 40 km 이하인 도서지역 차로의 폭은 2.75 m 이상으로도 설계될 수 있다.⁽⁶⁾ 이러한 도로 노면에 표시되는 안전 노면표시는 속도제한표시, 서행표시, 일시정지표시, 양보표시등이 있다. 이중 어린이보호구역에 표시하는 노면표시 중 “속도제한표시”는 200 cm 원형의 테두리를 도색하고 원형 내부에 최고 제한속도 숫자를 10 cm~15 cm 두께로 노면에 표시하도록 규정하고 있다.⁽⁷⁾

따라서 로드프로젝션 등화장치의 묘화 규격 또한 어린이보호구역 내 “속도제한표시”와 동일한 규격을 반영하여 외부에는 200 cm 원형의 테두리에 내부에 문구를 묘화하여 수용성을 높이고자 한다.

3.3. 로드프로젝션 묘화 문구

로드프로젝션 등화장치의 실효성을 높이기 위해서는 도로 바닥면에 묘화되는 문구는 운전자에게 명확한 단어로 전달되어야 즉각적인 행동으로 나타날 수 있다. 묘화 문구가 추상적인 이미지 또는 불명확한 문구를 묘화할 경우 운전자의 행동에 혼선만 가중시킬 수 있기 때문이다. 따라서 로드프로젝션(Road projection)은 묘화에 적용되

는 언어는 대한민국 국민 모두가 인식할 수 있도록 한글 문구를 적용한다.

도로 안전표지는 주의표지, 규제표지, 지시표지, 보조표지, 노면표시로 구분되며, 안전표지에 표기되는 모든 문구도 한글로 적용되고 있다. 예외로 “위험”, “천천히”, “정지”, “양보”를 알리는 안전표지는 한글과 영문을 병행하여 적용되고 있다.⁽⁸⁾

로드프로젝션(Road projection) 묘화 문구는 어린이 통학버스 전면 반대차선에는 “일시정지”, 후면 반대차선에는 “추월금지” 문구를 선정하였다. 도로교통법 「어린이통학버스 특별보호」규정에서 모든 차의 운전자는 어린이나 영유아를 태우고 있다는 적색화화가 점등되면 어린이통학버스의 앞지르지를 금지하고 일시정지하도록 규정하고 있다.⁽⁹⁾ 따라서 도로 운전자가 스스로 판단해야 하는 “일시정지” 규정을 도로면 묘화 문구로 적용한다. 하지만 후면의 경우 도로 운전자가 어린이통학버스를 추월하고자 하는 행동을 보일 수 있는 여건으로 “일시정지”보다는 “추월금지”가 효과적일수 있다는 다수의 전문가 의견을 수렴하여 실험을 통해 실효성을 검증하고자 한다.

3.4. 로드프로젝션 묘화 서체

도로 노면에는 도로교통의 안전을 위하여 차선과 기호 또는 문자를 알리는 표지를 차선 내부에 도색하여 운전자에게 정보를 제공한다. 이러한 기호와 문자는 운전자의 시선에서 가독성을 높이기 위하여 가로폭보다 세로 높이를 길게하는 가변 형상으로 표기하고 있다. 하지만 국내 법규 규칙에서는 문자의 형에 대하여 예시만 제시할 뿐 서체, 획의 굵기, 비례, 간격, 전체적인 레이아웃 등에 대한 상세한 기준이 없어 작업자의 기준에 따라 도색되고 있다.⁽⁶⁾

도로교통공단 교통과학연구원(2020), 실험에 따르면 제한속도 50 km/h 주행시 문자형에 대한 판독성 및 시인성이 가장 높은 가로세로 비율이 1:5, 100 km/h 주행시 문자형에 대한 판독성 및 시인성이 가장 높은 가로세로 비율이 1:10로 분석되었다.⁽¹⁰⁾

또한 야간의 경우에는 도로 운전자에게 정확한 정보를 제공하기 위하여 노면표시의 시인성과 관련한 기준치를 차량의 전조등에 반사되는 입사면의 재귀반사 명시도로 확인할 수 있다. Fig. 4와 같이 재귀반사 명시도는 입사각, 관찰각, 그리고 색채별로 기준을 가지게 되며, 입사각과 관찰각은 국제적으로 통일된 값이 없으나 통상 거리 30 m에서 자동차의 전조등 높이 65 cm, 운전자 눈높이 1.2 m를 표준으로 할 때 조명각은 1.24°, 입사각은 88.76°, 관

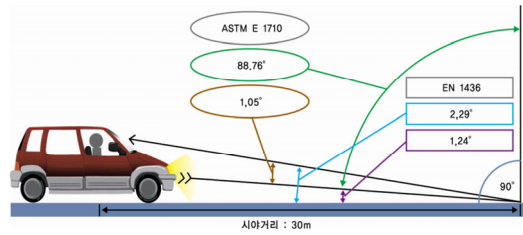


Fig. 4 Incidence angle & observation angle

측각은 1.05°로 나타난다.⁽¹¹⁾

어린이 통학버스가 정차된 구역을 어린이 보호구역으로 정의할 수 있으며, 어린이 보호구역으로 정의된 도로를 최고 주행속도 50 km/h 주행시 재귀반사 명시도 기준에 따라 30 m 전방에서 로드프로젝션의 묘화 문구를 인식될 수 있도록 서체는 고딕체(Bold)를 적용하고 비율은 가로 세로 1:5로 디자인하여 적용한다.

3.5. 로드프로젝션 묘화 색상

도로면에는 선과 기호, 문자등으로 많은 정보를 운전자에게 제공한다. 이러한 정보는 기능에 따라 색상을 부여하게 되는데 사용되는 색상으로는 하얀색, 노란색, 파란색, 빨강색, 분홍색, 초록등이 있다.⁽⁸⁾ 이중 하얀색은 차선 및 방향 정보 등 가장 많이 적용되고 있으며, 다음으로는 노란색으로 중앙선등에 사용되고, 빨강색은 “속도제한표시”의 테두리 등에 적용, 파랑색은 버스전용차선, 그 외 분홍색과 녹색은 우회전과 좌회전시 차선 안내용으로 사용되고 있다.

본 연구에서는 도로면에서 사용되는 색상 중 하얀색, 노랑색, 빨강색, 초록색의 묘화 색상 렌즈를 구비하여 실험에 참여한 피실험자를 통하여 시인성 및 가독성을 검증하고 색상별 조도를 측정하여 로드프로젝션의 묘화 색상으로 선정하고자 한다.

3.6. 로드프로젝션 묘화 위치

로드프로젝션의 묘화 위치는 매우 중요한 결정요소이다. 묘화 위치를 멀리 이격할 경우 도로 운전자가 빨리 인지하고 안전운행을 할 수 있지만 이격거리가 먼 경우 기술적으로 묘화가 어렵고 조도가 낮아 시인성과 가독성이 떨어지게 된다. 또한 묘화 위치를 어린이 통학버스와 가장 근접하게 묘화할 경우 어린이의 안전을 담보할 수 없게 된다.

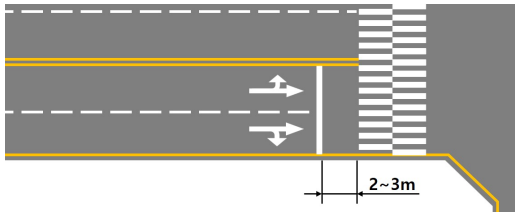


Fig. 5 Stop line separation distance

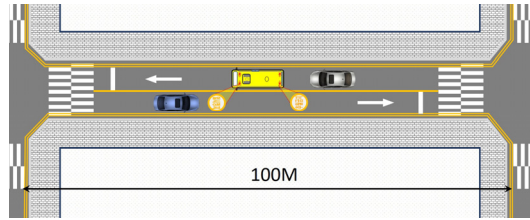


Fig. 7 Test-bad

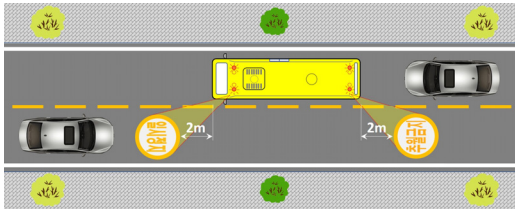


Fig. 6 Road projection separation distance

Fig. 5 “도로교통법 시행규칙”에서는 횡단보도를 보호하는 보행자를 보호하기 위하여 횡단보도에서 정지선까지의 거리를 2미터 내지 3미터 지점에 설치하도록 규정하여 안전공간을 확보하고 있다.⁽¹²⁾

어린이통학버스에서 어린이가 하차 후 보호자가 방심하는 사이에 차량 앞쪽 또는 뒤쪽 도로로 뛰어들어 도로를 주행하는 차량과 충돌하는 사고를 방지할 수 있도록 로드프로젝션의 묘화를 차량에서부터 2미터 이격하여 도로면에 묘화함으로써 Fig. 6과 같이 안전공간을 확보하고자 한다.

4. 로드프로젝션 실험

4.1. 실험 장소 및 실험 시간

어린이통학버스 로드프로젝션 묘화 실험은 다음과 같은 조건을 고려하여 장소를 선정하였다. 어린이통학버스가 정차하여 승하차 탑승이 빈번하게 일어날 수 있는 도심도로, 어린이나 보호자가 목적지로 이동하기 위해 무단횡단을 가장 많이하는 편도 1차선 도로를 선정하였다. 편도 1차선의 도로의 경우 어린이통학버스가 어린이 승하차를 위하여 정차하게 되면 후방에서 접근하는 차량은 어린이 통학버스를 추월하려는 행동을 보일 수 있는 조건을 가지고 있고, 정면 반대차선에서 접근하는 차량은 어린이 통학버스의 정차 및 승하차 여부를 고려하지 않고 주행할 수 있는 조건을 가지고 있다.

Fig. 7 실험은 정해진 피실험자만을 대상으로 실험함에

Table 1 Respondent profile

| category | Sunrise time | | | Daytime 8:00 ~ 16:00 | Sunset time | | | |
|-----------|--------------|-------|-------|-------------------------|-------------|-------|-------|-------|
| | 5:00 | 6:00 | 7:00 | | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 |
| January | | | | | | | | 17:38 |
| February | | | | | | | | 18:10 |
| March | | | 06:42 | | | | | 18:39 |
| April | | | 06:57 | | | | | 19:07 |
| May | | 06:23 | | | | | | 19:34 |
| June | | 05:11 | | | | | | 19:54 |
| July | | 05:23 | | | | | | 19:51 |
| August | | 05:48 | | | | | | 19:23 |
| September | | 06:14 | | | | | | 18:38 |
| September | | 06:40 | | | | | | 17:54 |
| November | | | 07:13 | | | | | 17:22 |
| December | | | 07:38 | | | | | 17:16 |

따라 예측할 수 없는 변수가 반영되지 않도록 주거지역이 형성되어 있지 않고 일반인이 통행하지 않는 도심 개발지역으로 구획정리와 도로만 완성된 편도 1차선 도로를 실험 대상지로 선정하였다.

실험은 4월에 실시하였으며, 4월의 평균 일몰시간이 19시07분으로 실험은 20시00분부터 실시하였다. 로드프로젝션 등화는 LED 광원과 렌즈를 통해 그림을 반사시켜 도로면에 투영하는 방식으로 주간시간에는 효과를 가질 수 없다. Table 1과 같이 우리나라는 사계절이 있고 동절기와 하절기의 일출과 일몰시간이 약1시간30분 정도의 시간차를 가지고 있어 일출시간 이전과 일몰시간 이후에 로드프로젝션의 묘화의 효과를 가질 수 있다.

4.2. 피실험자

로드프로젝션 실효성 실험 피실험자 선정은 성인 남녀 중 운전면허를 취득하고 차량을 보유한 운전자를 대상으로만 선정하였다. 본인 차량으로 운전한 경험자로서 운전 중 도로상에서 어린이통학버스와 함께 주행 경험이 필요하기 때문이다.

실험에 참여한 피실험자에게는 기존 등화장치의 기능과 역할, 도로교통법 법규에 따른 운전행동, 로드프로젝션

Table 2 Respondent profile

| Experiment | | |
|--------------------|-------|-------|
| Gender | Value | % |
| Female | 8 | 28.5% |
| Male | 20 | 71.5% |
| Age | | |
| 20-30 | 1 | 3.5% |
| 30-40 | 3 | 11% |
| 40-50 | 14 | 50% |
| 50-60 | 9 | 32% |
| > 60 | 1 | 3.5% |
| Job | | |
| Daycare worker | 5 | 18% |
| Office worker | 20 | 71.5% |
| Transport worker | 1 | 3.5% |
| Homemaker | 2 | 7% |
| Driving Experience | | |
| < 1 year | 1 | 3.5% |
| 2-5 years | 2 | 7% |
| 5-10 years | 1 | 3.5% |
| 10-20 years | 5 | 18% |
| > 20 years | 19 | 68% |

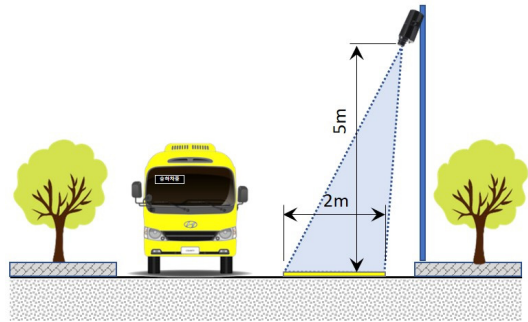


Fig. 8 Projection lamp installation location

의 기능등에 대하여 정보를 공유하지 않은 상태에서 평상시 운전하는 습관대로 실험에 참여하도록 요청하였다.

실험 참여하기 이전에 피실험자에게 어린이통학버스의 등화장치에 대한 기능과 역할, 운전자의 행동 등에 대하여 설문을 실시하였다. 추가로 본 연구로 실험하는 로드프로젝션을 어린이통학버스에 적용시 실효성 효과등에 대하여 설문을 실시한 이후에 실험에 참여하였다. Table 2와 같이 피실험자는 총28명으로 성별, 연령대, 직업군, 운전경력으로 구분하였다.

4.3. 로드프로젝션 묘화 구현

로드프로젝션 묘화 구현을 위해서는 어린이통학버스의 기존등화원에 로드프로젝션을 설치하여 도로면에 묘화하여야 한다. 하지만 현재 로드프로젝션이 개발중으로 본 실험에 적용할 수 없기 때문에 로드프로젝션 등화장치와 유사한 기능을 할 수 있는 제품을 통하여 기능을 구현하고 실험을 통하여 실효성 검증 및 요구사항을 도출하고자 한다.

로드프로젝션의 기능을 구현할 수 있는 유사 시증품으로 프로젝션 램프가 존재하며 렌즈 교환을 통하여 문구 변경 및 색상변경 실험이 가능하다. 다만 제품의 기술적 한계로 도로면에 외형 크기 2미터 원형을 구현하기 위해서는 도로면에서 약 5미터를 이격하여 프로젝션 램프를 점등하여야 본 실험에서 요구하는 묘화 크기를 구현할 수 있다. 도로면에 묘화를 구현을 위하여 Fig. 8과 같이 인도에 5미터 높이의 기둥을 설치하고 기둥 상단에 프로젝션 램프를 설치하여 “일시정지”와 “추월금지”가 디자인된 묘화를 점등하였다. 그리고 본 실험에 사용된 프로젝션 램프는 220V 전원을 사용함에 따라 별도의 밧데리를 구비하여 전원을 공급하였으며, 로드프로젝션 동작은 어린이통학버스 출입문을 열고 닫을 때 어린이 통학버스 운전자가 수동으로 제어하였다.

4.4. 검증 항목

로드프로젝션 등화장치 표준 제정에 관한 실효성 실험을 위하여 로드프로젝션의 묘화 기준을 수립하였다. 묘화 기준으로는 로드프로젝션 설치위치, 묘화 형상, 묘화 문구, 묘화 서체, 묘화 색상, 묘화 위치를 수립하였다. 로드프로젝션의 묘화에 대한 실효성 실험을 위하여 어린이통학버스 임대, 실험장소 섭외, 실험시간 설정, 피실험자 선정, 개발중인 로드프로젝션을 대체하여 묘화를 구현할 수 있는 프로젝션 램프를 준비하였다.

본 실효성 검증에 대한 실험은 5단계의 과정으로 검증한다.

첫 번째는 기존 어린이통학버스에 장착된 등화장치의 적색등과 황색등의 색상별로 전달되는 의미와 색상별 점등시 도로 운전자는 어떠한 운전 행동을 보여야 하는지에 대한 설문을 실시하고, Table 3과 같이 설문과 동일한 조

Table 3 Type of experiment

| Type | Lamp | Direction |
|---------|-------------------------|-----------|
| Test 1. | Standard Lighting (Red) | Front |
| Test 2. | Standard Lighting (Red) | Back |

건으로 실험을 실시한다. 피실험자들의 설문 결과와 실험에 따른 운전 행동이 어떠한 차이점을 보이고 있으며, 기존 등화장치가 어느 정도의 실효성이 있는지를 분석한다.

어린이통학버스의 기존 등화장치에서 황색등 점등은 어린이 승하차를 위하여 갓길에 정착되었으니 주변 운전자는 어린이 통학버스에 이르기전에 일시정지하여 안전을 확인한 후에 서행 운전을 전달 메시지이며, 적색등 점등은 어린이통학버스 출입문이 개방되고 어린이 승하차하고 있다는 표시를 한 상태로 도로를 통행하는 차량 운전자는 일시정지하여야 하며, 소등될때까지 앞지르기를 할 수 없다.⁹⁾

두 번째는 로드프로젝션에 적합한 묘화 색상에 대하여 피실험자의 선호도를 조사하였다. 색상은 하얀색, 노랑색, 빨강색, 초록색 4가지 색상이며, 야간 도로에서 어린이 통학버스 주변을 주행하는 운전자의 시선으로 가장 시인성이 높고 가독성이 좋은 색상을 선정한다. 4가지 색상을 동일 위치와 동일 시간대에 30미터 전방에 있는 피실험자 운전석에서 재귀반사 명시도 방법으로 가장 시인성이 높고 가독성이 좋은 색상을 선정하도록 하였다.

세 번째는 로드프로젝션의 기능을 구현하기 위해 실험에 사용되는 프로젝션 램프 사양 조건으로 하얀색, 노랑색, 빨강색, 초록색 4가지 색상이 도로면에 묘화되기까지의 거리별 조도를 측정하여 두 번째 실험에 대한 객관적인 근거 자료를 마련하고자 한다. 또한 로드프로젝션 개발품에 대한 최소 조도값을 가이드라인으로 제시할 수 있다.

네 번째로는 로드프로젝션의 묘화 이격거리에 따른 안전공간 검증이다. 어린이 통학버스 주변 운행 차량은 로드프로젝션의 등화가 묘화되면 어린이통학버스에 이르기 전에 일시정지하는 정지선으로 인식될 수 있도록 정보를 제공하게 된다. 이러한 안전 공간 기준은 도로에서도 검증된 횡단보도 앞 정지선 이격거리와 동일한 2미터를 적용되었다. 어린이보호구역내 최고 주행속도에 따른 제동거리가 어린이통학버스 어린이의 안전을 확보할 수 있는지 여부에 대하여 검증한다.

다섯 번째는 앞서 검증한 사항을 본 실험에 반영하여 Table 4와 같이 실효성 검증을 실시한다. 전면 실험은 기존 등화장치의 적색 등화와 로드프로젝션 “일시정지”을

Table 4 Type of experiment

| Type | Lamp | Direction |
|---------|---|-----------|
| Test 3. | Standard Lighting (Red) + Road projection | Front |
| Test 4. | Standard Lighting (Red) + Road projection | Back |

동시에 점등한 상태에서 반대차선에서 주행하는 차량 운전자의 행동을 분석하고, 후면 실험은 기존 등화장치의 적색 등화와 로드프로젝션 “추월금지”을 동시에 점등한 상태에서 후면에서 접근하는 차량 운전자의 행동을 분석한다.

5. 실험 결과

5.1. 기존 등화장치에 대한 이해와 운전행동

기존 어린이통학버스 등화장치에 대한 설문 결과 황색등 점등에 대한 설문조사 결과 피실험자 28명 중 20명(71%)이 “정차중으로 접근시 주의”로 정확히 알고 있었으며, 8명은 잘모르는 것으로 조사되었다. 적색등 점등에 대한 설문조사 결과 28명 중 17명(60%)만 “일시정지”로 정확히 알고 있었으며, 나머지 11명은 법규에 대해 정확히 이해하지 못하고 있었다.

황색등화와 적색등화 설문 중 적색등화 점등에 대해서만 피실험자의 운전습관을 통해 법규 준수 여부를 검증하였다. Test 1. 어린이 통학버스의 등화장치 중 적색 등화가 점등된 상태에서 어린이 통학버스 정면 반대차선에서 주행하는 차량 운전자의 행동 결과 28명 중 7명만 “일시정지” 후 등화가 소등된 뒤 주행하여 25%만 도로교통법을 준수한 것으로 검증되었다.

법규를 준수한 피실험자를 성별, 연령대, 직업, 운전경력으로 구분한 결과 Fig. 9와 같이 여성과 어린이 관련 종사자, 운전경력이 많은 운전자가 보편적으로 규정을 준수

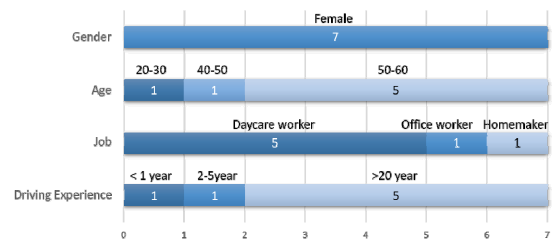


Fig. 9 Results of driving experiment (Compliance at the front)

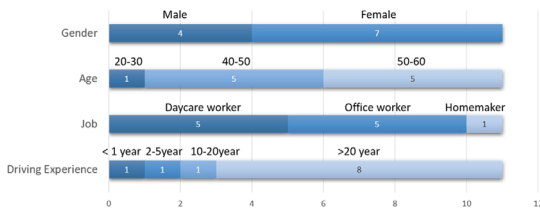


Fig. 10 Results of driving experiment (Compliance from the rear)

하며 운전을 하는 것으로 검증되었다.

Test 2. 어린이 통학버스의 등화장치 중 적색 등화가 점등된 상태에서 후면으로 접근하는 차량 운전자의 행동 결과 28명 중 11명만 일시정지 후 등화가 소등된 뒤 주행하여 39%가 도로교통법을 준수한 것으로 검증되었다.

Fig. 10과 같이 규정을 준수한 운전자 11명이며, 후방 차량이 전방 차량보다 규정 준수가 높아진 이유는 어린이 통학버스 추월 주행함으로써 발생할 수 있는 교통사고를 우려하여 법규를 준수한 것으로 조사되었다.

위 2가지 실험에 참여한 피실험자 대다수가 법규를 알 아도 규정에 따라 운전하지 않는 습관이 실험 결과로 도출 되었다. 하지만 어린이 관련 종사자 5명 모두는 법규를 준수하며 운행하였고, 어린이통학버스 운영에 대한 이해도가 매우 높았으며, 정기적인 안전교육을 통하여 안전운전을 실천하는 것으로 조사되었다.

5.2. 묘화 색상별 시인성과 가독성

어린이 통학버스 로드프로젝션 묘화 색상을 선정하기 위하여 피실험자를 통해 실험한 결과 Fig. 11과 같이 하얀 색 53%(15명), 노랑색 47%(13명), 녹색 0%(0명), 빨강 색 0%(0명)로 조사되었다. 하지만 하얀색의 경우 가독성

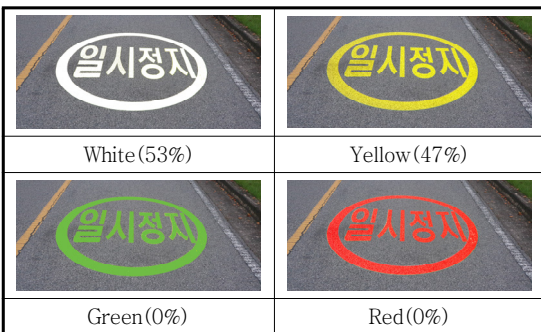


Fig. 11 Road projection color

은 높으나, 시인성에서는 노랑색이 어린이 통학버스의 주의 및 경고를 전달하는데 적합한 것으로 결과를 도출하였다. 노랑색의 경우 일몰이 시작되는 시점에는 시인성이 하얀색보다 다소 떨어지지만 일몰이 시작되면 노랑색의 시인성이 극대화되는 것으로 조사되었다.

5.3. 색상별 조도 기준

실험에 사용된 프로젝션 램프의 전기용량은 80 W, 밝기는 7,600 lm의 빛을 발산하는 제품이다. 실험에 사용된 프로젝션 램프가 기술적 한계로 지상 5미터 위치에 설치되었는데 최종적으로 피실험자가 육안으로 확인할 수 있는 도로면 조도값이 시인성과 가독성을 판단하는 기준이 되고 있다.

5미터 이격된 프로젝션 램프에서 발산된 빛이 도로면에 묘화된 조도값을 조도계로 측정한 결과 Table 5와 같이 하얀색은 1,222룩스(lx), 노랑색 780룩스(lx), 녹색 466룩스(lx), 적색 165룩스(lx)로 나타났다. 500룩스(lx) 미만인 녹색의 경우 색상에 대한 시인성도 떨어지지만 밝기에 대한 기준도 로드프로젝션으로는 부적합한 것으로 조사되었다. 주변 조도가 0룩스(lx) 일때 로드프로젝션 묘화 밝기는 최소 500룩스(lx) 이상이 되어야 시인성과 가독성이 적합할 것으로 판단된다.

5.4. 어린이 통학버스 주변 안전공간 검증

어린이 통학버스에서 어린이가 하차 후 발생할 수 있는 안전사고를 방지하기 위하여 어린이 통학버스 전방과 후방으로 2미터를 이격시켜 로드프로젝션 등화를 묘화하여 Fig. 12와 같이 안전공간이 설정되었다.

도로 운전자는 정지하는 단계로 Fig. 13과 같이 위험 상황에 인지하고 판단하여 브레이크 페달을 밟아서 브레

Table 5 Illuminance value

Unit : lx

| Lamp Distance | White | Yellow | Green | Red |
|---------------|--------|--------|--------|-------|
| 1m | 28,500 | 14,610 | 10,040 | 3,680 |
| 2m | 7,090 | 4,070 | 2,730 | 994 |
| 3m | 3,280 | 1,745 | 1,177 | 438 |
| 4m | 1,774 | 972 | 714 | 250 |
| 5m | 1,222 | 780 | 466 | 165 |

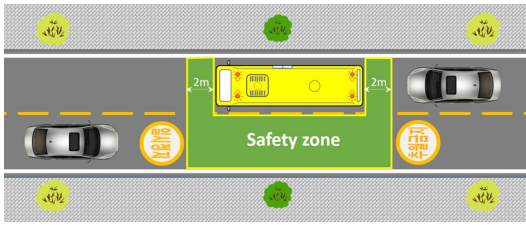


Fig. 12 Safety zone

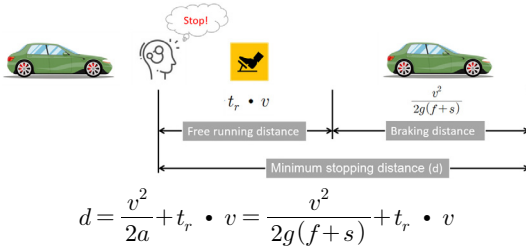


Fig. 13 Minimum stopping distance

이크가 작동되기 전까지 이동하는 공주거리, 브레이크를 밟고 제동되어 미끄러져 나가는 제동거리로 구분되며, 이러한 단계로 정지하는 최소 정지거리가 필요하다.

어린이 통학버스가 운행하는 주거지역의 도심 도로의 경우 최대 주행속도를 60 km/h 미만으로 규정하고 있고 어린이 보호구역은 30~50 km/h 이하로 규제하고 있다. 이러한 3가지의 속도를 신호교차로 반응시간 1초를 반영하여 Fig. 14와 같이 계산된 최소정지거리는 주행속도 60 km/h일 경우 38미터, 50 km/h일 경우 28미터, 30 km/h일 경우 14미터로 나타남에 따라 안전속도를 준수하여 운전하는 경우 로드프로젝션 묘화 이전에 정차됨에 따라 안전공간으로 설정한 2미터가 적합한 것으로 검증되었다.

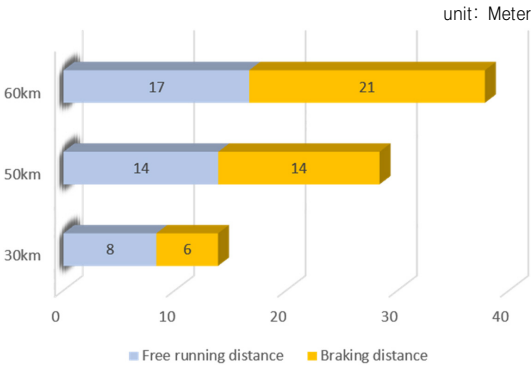


Fig. 14 Minimum stopping distance

5.5. 어린이 통학버스 등화장치 실효성 검증

어린이통학버스의 등화장치 실효성 검증은 기존 등화장치 2종과 프로젝션 램프 등화를 조합하여 실효성 실험 실시하였다.

Fig. 15와 같이 프로젝션 램프를 통해 어린이 통학버스 전면에는 “일시정지”, 후면에는 “추월금지” 묘화한 후 실효성 실험을 실시한 결과 기존 등화장치의 적색 등화 법규 준수에 비해 매우 효과적인 것으로 검증되었다.

Test 3. 어린이 통학버스의 등화장치 중 적색 등화가 점등된 상태에서 프로젝션 램프 등화를 동시에 점등하여 도로면에 “일시정지”를 묘화하여 반대차선에서 주행하는 차량에게 안전운전 정보를 제공 후 운전자의 행동을 점검한 결과 28명 중 24명(85%)이 정지 후 로드프로젝션 등화가 소등된 뒤 주행한 것으로 검증하였다.

Test 4. 어린이 통학버스 등화장치의 중 적색 등화가 점등된 상태에서 프로젝션 램프 등화를 동시에 점등하여 도로면에 “추월금지”를 묘화하여 뒤따라오는 차량에게 안전운전 정보를 제공 후 운전자의 행동을 점검한 결과 28명 중 26명(93%)이 정지 후 로드프로젝션 등화가 소등된 뒤 주행한 것으로 검증하였다.

실험 결과 Fig. 16과 같이 기존 등화장치의 적색 등화가 점등시 법규 규정을 준수하는 비율은 25~39%로 낮게 나타났으나, 프로젝션 램프로 전면에는 “일시정지”, 후면에는 “추월금지” 문구를 도로면에 묘화시 안전운전 규정을 준수하는 비율은 85~93%로 매우 높은 결과로 검증됨



Fig. 15 Road projection phrase

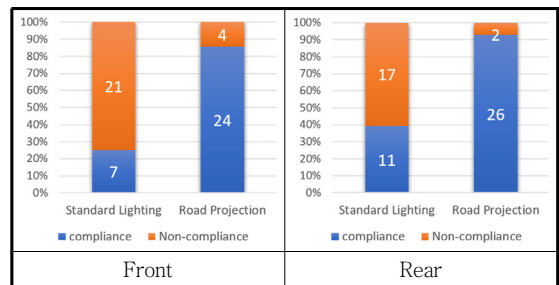


Fig. 16 Results of driving experiment

에 따라 로드프로젝션을 어린이 통학버스에 적용시 안전 운전이 매우 효과적일 것으로 예상된다.

6. 결론

어린이 통학버스 기존 등화장치의 적색 등화와 황색 등화가 점등되는 목적에 대하여 의미 전달이 매우 미비하여 야간에 점등하는 경우 주변 운전자들은 비상등의 의미로 이해하고 어린이 통학버스를 추월 및 옆 차선을 주행하여 행동을 보임으로써 어린이보호 효과가 매우 미비한 것으로 검증되었다. 이러한 문제점을 로드프로젝션으로 보완하게 되면 운전자들의 운전습관 개선 및 법규 준수를 통한 교통사고 예방에 효과를 가질 수 있는 것으로 검증되었다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 어린이 통학버스 도로면 묘화 형상은 어린이보호구역의 “속도제한표시”를 인용하여 200 cm 원형을 형성하고, 내부 문구를 적용하며, 테두리 및 문구의 두께는 10 cm~15 cm로 묘화 한다.
- 2) 어린이 통학버스 도로면 묘화 문구는 전면에는 “일시정지”, 후면에는 “추월금지” 글씨를 적용하며, 주행속도 50 km/h 주행하는 주변 운전자가 묘화 문구에 대해 가독성을 높일 수 있도록 글씨비율을 (가로)1 : 5(세로)로 설정하고 서체는 고딕체(Bold)를 적용한다.
- 3) 어린이통학버스 로드프로젝션 묘화 색상은 가독성과 시인성이 높게 선호하는 노랑색으로 설정하고 도로에 묘화된 등화의 밝기는 500l x 이상의 조도값으로 설정한다. 묘화 색상과 밝기는 향후 수용성 평가에서 다시 한번 검증하고자 한다.
- 4) 어린이통학버스와 로드프로젝션의 묘화 거리는 “도로교통법 시행규칙” 정지선과 횡단보도의 이격거리를 인용하여 2미터로 설정하고 안전공간을 확보하여 어린이를 보호할 수 있도록 한다.

본 연구를 통하여 「어린이 통학버스의 로드 프로젝트 등화장치 표준 제정」에 관한 기틀을 마련한 것으로 판단된다. 단 실효성 실험을 28명의 피실험자를 대상으로만 검증되었으므로 다수의 의견으로 편향시켜 판단해서는 안되며, 실험 장소도 일반 차량이 운행하지 않는 설정된 도로로 실시함에 따라 운전 행동에 대한 오차가 발생할 수

있다. 본 연구는 야간에 효과를 가질 수 있는 로드프로젝션 개발 요구사항에 국한되어 있지만 향후 주간에도 효과를 가질 수 있는 연구가 필요하다.

후 기

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원 “한국형 어린이 통학버스 안전성 향상 기술개발”(과제번호: RS-2022-00143581) 지원으로 수행하였습니다.

참고문헌

- (1) 국토교통부, “자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙”.
- (2) 어린이집안전공제회, 2019, “어린이집 안전관리백과 통학차량과 등·하원”, pp. 49.
- (3) Yuichi Shibata, Masanori Kito and Hiroyuki Ishida, 2020, “Required Luminous Intensity and Glare Inspection of Road Projection Lamp for Tun Signal Lamp”, 自動車技術會論文集, Vol. 51, No. 6, pp. 1068~1074.
- (4) Yuichi Shibata, Masanori Kito and Hiroyuki Ishida, 2021, “Required Performance of Road Projection Lamp for Vehicle Reversing”, 自動車技術會論文集, Vol. 52, No. 4, pp. 775~781.
- (5) Statutes of Pennsylvania, Consolidated Statutes, Title 75.
- (6) 국토교통부, “도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 제 10조(차로)”.
- (7) 행정안전부, “도로교통법 시행규칙”, [별표6] 안전표지의 종류, 만드는 방식 및 설치·관리기준, 속도제한표시(어린이보호구역안), p. 44.
- (8) 행정안전부, “도로교통법 시행규칙”, [별표6] 안전표지의 종류, 만드는 방식 및 설치·관리기준, 일반기준, pp. 1~2.
- (9) 도로교통법, 제51조(어린이통학버스의 특별보호).
- (10) 도로교통공단 교통과학연구원(2020), 교통노면표시 규격 개선 및 표준도면 제작연구, p. 55.
- (11) 경찰청, 2012, 교통노면 설치·관리 매뉴얼, pp. 19~21.
- (12) 행정안전부, “도로교통법 시행규칙”, [별표6] 안전표지의 종류, 만드는 방식 및 설치·관리기준, 일시정지표시, p. 45.