공사구간 형광주황색 교통안전표지 적용에 따른 주목성 효과 연구

A Conspicuity Effect Study of Fluorescent Orange Color Traffic Signs for Work Zone Application

고상근* · 최기주** · 이상수*** · 윤일수****

Ko, Sangkeun · Choi, Keechoo · Lee, Sang-Soo · Yun, Ilsoo

Abstract

This study intended to improve traffic safety in work zones using fluorescent orange color traffic signs. For this end, the current problems of existing traffic signs and facilities in work zones were analyzed and some good examples of foreign countries were compared. More specifically, in order to identify current problems, the basic shape and color of traffic signs in use were examined through literature review, surveys and field studies. It was found that the fluorescent color worked more effectively than other colors in terms of visibility and conspicuity in work zone sign system. For evaluation, both Conspicuity surveys and in-door simulator experiments were conducted to effectively assess the merits and demerits of different types of traffic signs for work zones. The results of evaluations showed that black lettering on a fluorescent orange background outperformed more than 70% in terms of visibility and ability to call drivers' attention compared with those from black/red lettering on yellow/white backgrounds currently used at work zones on expressways and national highways. In addition, simulated driving experiment disclosed that drivers recognized the fluorescent orange background sign 15m ahead compared with the yellow background sign and 25m ahead compared with the white background sign, respectively. As for the diamond-shaped "Under Construction" sign, drivers recognized fluorescent orange background 11m ahead compared with the yellow background sign and 19m ahead compared with the white background sign, respectively.

Keywords : *expressway, working zone, traffic sign, fluorescent orange color, conspicuity*

요 지

본 논문은 공사구간에서 사용되고 있는 교통안전표지의 생상과 관련된 문제점 분석 및 해외사례 검토를 바탕으로 공사구간에서 운전자들의 보다 안전한 주행을 도모하기 위해 공사구간 내의 교통안전표지에 형광 주황색을 적용하는 것에 대한 타당성을 평가하고자 한다. 이를 위해, 먼저 현재 공사구간에서 사용되고 있는 교통안전표지의 근본적인 형상과 색상을 검토하였다. 또한 형광 주황색을 이용하여 공사구간 교통안내시설을 제작한 후 실내 육안 평가 및 주행 시뮬레이터를 이용해 형광 주황색 사용의 효과를 측정하였다. 실내 육안 평가 결과, 현재 고속도로에서 사용 중인 황색 바탕의 흑색 글씨 또는 일반국도 등에서 사용 중인 백색 바탕의 적색 글씨로 제작된 공사구간 표지와 비교하였을 때 형광 주황색 바탕에 흑색 글씨로 제작된 안내표지, 예고표지, 갈매기표지 그리고 유도표지가 주목성 측면에서 모두 70% 이상의 선호도를 보이고 있는 것을 확인하였다. 또한 주행 시뮬레이터를 이용한 실험에서는 본 연구에서 제안하는 형광 주황색 바탕, 고속도로에서 사용 중인 황색 바탕, 그리고 일반국도 등에서 사용 중인 백색 바탕의 공사구간 안내표지를 비교하였다. 비교 결과 형광 주황색 바탕의 안내표지가 황색 바탕 안내표지 보다는 15m 전방에서, 그리고 백색 바탕 안내표지보다는 25m 전방에서 인지됨을 확인하였다.

핵심용어 : 고속도로, 공사구간, 교통안전표지, 형광 주황색상, 주목성

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

현재 우리나라에서는 도로 공사구간 교통안전시설 설치에 관한 다양한 법규 및 지침이 연구 및 적용되어 지고 있다.

하지만, 공사구간 현장에서는 아직도 교통사고가 빈번하게 발생하고 있으며, 이로 인한 사회적 비용이 증가되고 있는 실정이다.

우리나라에서 공사구간에 대한 교통안전관리를 비교적 체계적으로 수행하고 있는 한국도로공사의 경우도 예외는 아

*한국건설기술연구원 소장 · 공학박사 (E-mail : skyko67@hanmail.net)

**정회원 · 교신저자 · 아주대학교 교통시스템공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : keechoo@ajou.ac.kr)

***아주대학교 교통시스템공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : sslee@ajou.ac.kr)

****정회원 · 아주대학교 교통시스템공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : ilsooyun@ajou.ac.kr)

니다. 예를 들어, 고속도로 공사구간에서 최근 3년간 사망한 사람은 총 55명¹⁾으로서 동기간 전체 고속도로 사망자의 약 5%를 차지하고 있다. 또한 2010년의 경우 공사구간에서 교통사고로 사망한 사람은 21명으로써 전년대비 30% 증가하였다(교통안전공단, 2010).

공사구간에서 발생한 교통사고 중 사망사고의 유형을 자세히 살펴보면, 작업차량 및 작업보호차량(일명 싸인카) 추돌이 44%(24명), 작업자 및 신호수 충격이 40%(22명), 공사장 추락 및 기타가 16%(9명)로서 작업차량 및 작업보호차량과의 추돌이 가장 많은 것으로 나타났다. 또한, 사망사고의 시간대를 살펴보면, 주간(09시~18시)이 38%(21명), 야간 및 야침(18시~09시)이 62%(34명)로써 야간에 공사구간이 교통사고에 취약한 것으로 나타났다. 그리고 공사구간 유형을 살펴보면, 이동작업이 22%(12명), 차량 차단 작업이 62%(34건), 공사장 방호시설 미흡으로 인한 추락이 10%(5건), 그리고 기타가 6%(4건)으로 차량 차단 공사구간이 교통사고에 매우 취약한 것을 알 수 있다(교통안전공단, 2010).

공사구간의 교통안전시설은 안전하고 원활한 교통 소통을 확보하기 위해 반드시 필요한 시설이며, 이러한 교통안전시설물을 보다 신속하고 정확하게 인지할 수 있다면, 공사구간에서의 교통사고를 예방함으로써 소중한 생명의 희생을 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 우리나라의 교통 안전성 향상을 위하여 공사구간 교통안전대책에 관한 연구가 지속적으로 수행되어질 필요가 있다. 특히, 현재 공사구간에서 적용되고 있는 교통안전시설물의 색상²⁾에 대한 문제점을 분석하고 개선함으로써 운전자들이 공사구간을 사전에 인지하고 적절한 대응을 할 수 있도록 교통안전시설물의 시인성, 판독성 및 주목성³⁾을 개선할 필요가 있다.

현재 공사구간에서는 다양한 교통안전시설물이 혼용되고 있다. 예를 들어, 일반국도 등 일반도로의 공사구간에서는 백색 바탕에 흑색 글씨로 표기되어 있는 공사구간 안내표지가 사용되고 있다. 고속도로의 경우에는 황색 바탕에 적색 또는 흑색 글씨로 표기되어 있는 공사구간 안내표지가 사용되고 있다. 공사구간 안내표지에 사용되는 형상 및 색상의 혼용은 운전자에게 혼란을 야기할 수 있다. 따라서 공사구간의 교통안전시설물에 대표적으로 적용할 수 있는 색상 및 형상에 대한 연구가 필요하다.

이러한 배경 하에 본 연구는 현재 적용되고 있는 공사구간의 교통안전시설물의 색상에 대한 문제점을 파악하였다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안을 찾고자 해외사례를 검토한 결과, 많은 나라에서 공사구간에서 사용되고 있는 교통안전시설물에 형광 주황색을 적용하고 있는 점을 착안하

여, 국내 공사구간 교통안전시설물에 형광 주황색을 적용하는 것에 대한 타당성을 검토하고자 한다. 이를 위하여, 먼저 현재 공사구간에서 적용되고 있는 대표적인 교통안전시설인 공사구간 안내표지의 색상 및 형상을 파악하고, 기존 공사구간 안내표지의 바탕 색상(흰색 및 황색)을 형광 주황색으로 변경하였을 때 운전자들이 인식하는 주목성의 변화를 실내 육안 평가와 주행 시뮬레이터를 이용한 실험을 통해 과학적으로 추정하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

현재 공사구간에서 사용되고 있는 교통안전시설의 주목성을 개선하기 위해서는 공사구간 안내표지를 포함한 각종 교통안전시설의 색상과 형상을 모두 개선할 필요가 있다. 하지만, 본 연구에서는 시간 및 노력의 제약으로 인하여 공사구간에 적용되는 공사구간 안내표지를 포함한 교통안전시설의 색상에 초점을 맞추어 연구를 수행하고자 한다.

본 연구에서는 공사구간에 대한 통일된 색상으로 형광 주황색을 사용할 것으로 제안하고 있으며, 공사구간에서 교통안전시설의 대표 색상을 형광 주황색으로 전환하였을 때 주목성의 변화를 사전에 검토하고자 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 공사구간 상황을 가정하여 작성된 공사구간 안내표지 대안들에 대하여 실내 육안 평가 및 주행 시뮬레이터 실험을 통해 운전자의 주목성 변화를 추정하고자 한다. 또한 분석된 주목성 변화를 토대로 기존 공사구간 교통안전시설의 색상과 관련된 문제점 및 개선방안을 제시하고자 한다.

2. 관련 이론 및 문헌고찰

2.1 일반 색상과 형광 색상의 차이점

빛/에너지가 어떤 물체의 표면에 부딪칠 때, 일부의 빛/에너지는 물체 표면에 흡수되고, 나머지는 색상으로 반사되어 사람의 눈에서 색상을 인지하게 된다. 예를 들어, 만약에 모든 에너지가 물체 표면에 흡수되면, 사람의 눈은 검정 색으로 물체를 인지한다. 또는 모든 에너지가 물체 표면에서 반사되면, 사람의 눈은 하얀 색으로 물체를 인지한다. 다른 예로, 빛이 대기 중의 수증기를 통과하면, 다른 파장으로 반사되고, 이것이 무지개로 나타난다. 사람의 눈을 통해서 보이는 색상은, 사람의 눈에 기억된 파장에 의해서 구분된다. 태양으로부터 빛/에너지가 방출될 때, 이것은 다양한 범위의 파장으로 전달되는 데, 가시광선 파장 영역은 사람의 눈으로 인지할 수 있으나, 그 외의 적외선 및 자외선 파장 영역은 인지하지 못한다(문은배, 2011).

각종 교통안전시설물에 빈번히 사용되는 형광 색상은 일반적인 색상과 달라 보인다. 즉, 형광 색상은 일반 색상보다 아주 강렬하게 보인다. 하지만, 형광 색상도 색상 중에 하나이며, 일반적인 색상과 다른 특성을 가지고 있을 뿐이다. 형광 색상의 독특한 특성은 흡수된 빛 또는 에너지의 일부분을 아주 긴 에너지로 방출하거나 또는 가시광선 파장으로 방출하는 것이다. 즉, 형광 색상은 흡수된 짧은 파장의 빛/에너지를 긴 파장으로 변화시켜 방출한다.

결론적으로 형광 색상 혹은 밝게 빛나는 것은, 보이지 않는 파장의 에너지가 가시광선의 파장의 에너지로 전환되기

1) 고속도로 공사구간에서 교통사고로 인하여 2008년 18명, 2009년 16명, 2010년 21명 사망.

2) 표지에서 사용할 색상의 선정과 관련하여 판독성, 시인성 그리고 주목성이 중요한 결정 요소임. 판독성(legibility)은 표지나 대상물의 문자나 기호를 읽을 수 있는 정도를 의미함. 시인성(visibility)은 표지나 대상물의 존재 또는 모양의 보기 쉬운 정도를 의미함. 주목성(conspicuity)은 색상 자체가 자극성이 강하여 눈에 잘 띄는 현상을 말하며, 특히 색상(Hue), 채도(Chroma), 명도(Value), 즉 색의 3속성과 관계가 있고 색상의 경우 빨강이 주목성이 높고, 녹색이 낮으며 채도가 높을수록 눈에 잘 띈다.

때문이다. 이러한 형광 색상의 특성은 새벽이나, 저녁 해질 무렵 또는 하늘이 흐린 날씨인 경우 사람의 눈에 더욱 선명하게 보이게 된다. 이러한 이유로 형광 색상의 다양한 교통 안전시설물에 사용되고 있다.

2.2 공사구간 안내체계

도로공사로 인해 방해받는 교통류(traffic flow)를 안전하고 원활하게 유도하기 맨 처음 사전주의표지가 설치된 지점부터 공사구간을 지나 도로공사가 교통류에 더 이상 영향을 주지 않는 지점까지를 공사구간(working zone)이라고 설정한다. 공사구간은 효율적인 교통통제를 위해서 주의구간, 완화구간, 완충구간, 공사구간, 공사이탈구간으로 5개 구간으로 세분화 된다(경찰청, 2008).

주의구간은 운전자들이 전방 교통변화를 사전에 인식할 수 있도록 하는 구간이다. 고속도로의 경우 1,000~1,600m이며, 일반도로와 도심도로의 경우는 500m로 정하도록 되어 있다. 완화구간은 주행차로 차단을 시작하여 운전들이 차로 변경하도록 유도하는 구간(도류화 구간)이며, 완충구간은 주의 표지를 식별하지 못하여 차로를 변경하지 못하는 경우 발생할 수 있는 충돌을 방지하고 작업자를 보호하기 위한 구간을 말한다. 공사구간은 당해 공사 실시 구간으로 공사가 진행되는 구간이다. 공사이탈구간은 공사구간을 통과하여 정상 주행 차로로 복귀하도록 유도하는 구간이다(경찰청, 2008).

공사구간에서 운전자들에게 주의, 경고 등을 안내하고 통행을 규제하는데 주로 사용되는 교통안전시설은 안내표지, 도로표지, 노면표지, 도류화 시설, 조명시설, 임시 방호울타리, 안전 칸막이, 임시 신호등, 통제수(일명 신호수), 작업보호차량, 작업차량 등이 있다.

안전한 공사구간 안내를 위하여 주의구간, 완화구간, 완충구간, 공사구간, 공사이탈구간을 포함한 공사구간에서 각종 교통안전시설을 이용한 효율적인 교통통제 방식이 매뉴얼 및 지침 형식으로 경찰청, 한국도로공사 등에 의해 수립되어 운영 중에 있다(시정개발연구원, 2000; 건설기술연구원, 2002; 한국도로공사, 2007; 경찰청, 2008; 한국도로공사, 2009). 하지만, 국내에는 아직까지 미국의 MUTCD (Manual on Uniform Traffic Control Devices)와 같이 통일된 매뉴얼이 존재하지 않는다.

2.3 공사장 교통안전시설 관련 MUTCD 기준

미국 FHWA는 공사구간의 안전을 개선하기 위하여 MUTCD의 절차에 따라 공사 계획을 세워 운전자, 보행자 및 공사 작업자의 안전을 도모하도록 하고 있다(FHWA,

그림 1. 일반도로 공사구간 안내표지 예시

그림 2. 고속도로 공사구간 안내 및 예고표지 예시

2009). 그리고 교통량이나 공사구간의 특별한 상황에 따라 담당 관할 공사구간 관리자와 협의하여 MUTCD의 권고안보다 보강된 안전시설물을 설치할 수 있다. 기존의 MUTCD 기준만으로는 공사구간의 안전문제를 충분히 해결할 수 없다는 판단 하에 표준시설을 보완할 수 있는 보완시설 및 첨단장치들을 개발하여 적용함으로써 공사구간의 교통사고 심각도를 줄인 경험들을 갖고 있다(Bai and Li, 2006).

본 논문의 주요 관심사인 공사구간용 표지의 색상과 관련하여 MUTCD에서는 공사구간용 임시표지(규제표지, 경고표지, 안내표지 등)의 경우 문구나 형상을 통해서 메시지를 효과적으로 전달하도록 표지 색상을 정확히 준수해야 하는 것을 요구하고 있다(FHWA, 2009). 특히, 공사구간에서 많이 사용되는 경고표지의 경우 주황색 바탕에 흑색 글씨로 구성되어 있다. 이는 많은 나라들이 주황색 바탕에 흑색 글자나 문형으로 구성된 공사구간 안내표지를 사용하는 것과 유사하다고 할 수 있다.

2.4 공사구간에서의 형광 색상 적용에 관한 연구

Burns와 Pavelka(1995)는 최근 개발된 옥외 도로 표지판에 적용 가능한 형광 재귀반사 재료를 이용하여 표준 색상과 형광 색상의 주목성 측면에서의 상대적 장점을 조사 연구하였다. 그 결과 형광 재귀반사 재료가 해당 고속도로 표준 색상보다 더 먼 거리에서 큰 정확도로 인식되는 것을 확인하였다.

Clark 외(1996)는 보행자 횡단보도지역의 안전을 개선하기 위해 형광 황록색(yellow-green color) 보행자 경고표지와 기존의 황색 경고표지를 비교 분석했다. 특히 형광 황록색 보행자 경고표지를 사용한 경우 횡단보도지역에서 차량 운전자 속도 감소 및 보행자 충돌 감소가 관측되었다. 따라서 형광 황록색 경고표지가 횡단보도지역에서 안전성을 향상시키는 것으로 나타났다.

Hummer와 Scheffler(1999)는 형광 주황색 표지판이 일반 주황색 표지판보다 운전자의 눈에 잘 보이고, 사고를 감소시키는 것으로 확인 하였다. 실험결과 형광 주황색 표지판이 공사구간 현장에서 차량 속도 감소를 유도하여 충돌 및 사고 감소를 이루어 낸 것이라고 의미한다.

Wang과 Dixon(2003)은 형광 주황색 반사지와 가변 메시지 표지판의 도로 공사구간 속도감소 영향 분석 연구를 수행하였다. 그 결과 형광 주황색 반사지와 가변 메시지 표지

판 모두 공사구간에서의 차량의 속도를 안전하게 줄일 수 있는 것으로 나타났다.

Munehiro(2005)는 다양한 가시 조건에서 최신 교통제어장치의 주관적인 시인성(visibility)을 측정 하였다. 반사성능이 높은 초고휘도 시설과 형광 색상으로 만들어진 시설의 시인성이 주간 안개 및 야간 안개 조건에서 모두 높았다.

Hirasawa 외(2007)는 운전자에게 효과적으로 공사구간을 안내하는 방안에 대하여 연구하였다. 연구 결과 공사구간 안내표지판의 개선이 필요하며, 공사구간 교통통제요원의 시인성 향상이 필요한 것으로 나타났다. 또한, 가장 높은 시인성이 확보되는 색상은 형광 주황색과 황색인 것으로 조사되었다.

Uilman과 Uilman(2010)은 보행자의 관점과 운전자 관점에서 인간공학 연구를 실시하였다. 보행자들이 공사구간 안내표지를 이해하여 지정된 경로로 통행 하는지, 운전자들이 공사구간 안내표지를 제대로 인식 하는지 등을 조사하였다. 다양한 색상 별 공사구간 안내표지를 적용하여 실험을 수행한 결과 흑색 글자와 주황색 바탕을 적용한 안내표지에서 가장 높은 수준의 이해도를 보였다.

3. 형광 주황색의 주목성 평가

3.1 평가 개요

공사구간 안내표지의 색상과 관련된 평가는 실제 안내표지를 공사 중인 도로에 설치한 후 실제로 주행을 하면서 평가를 수행하는 것이 원칙이나, 교통사고 등 실제 시험으로 인한 위험(risk)을 감수하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 공사구간 도로표지에 형광 주황색 적용의 타당성을 검증하기 위하여 실내 육안 평가와 주행 시뮬레이터를 이용한 주행 평가를 실시하였다. 또한 본 평가의 목적이 공사구간 도로표지의 색상의 주목성(conspicuity)을 확인하기 위함이기 때문에 글자의 색상, 여백, 시인성(visibility), 판독성(legibility) 등은 평가의 대상에서 제외되었다.

먼저 실내 육안 평가에서는 국내에서 고속도로 공사구간을 가정하여 그림 3에서 보인 바와 같은 다양한 형태의 표지판을 이용하여 각 표지판의 주목성을 실험하였다. 이 때 표지판은 실내 시험의 용이성을 위하여 실제 고속도로 공사구간 표지판 규격의 3분의1 축소판으로 제작하였다. 또한 표지판의 여백비율, 글자 색상에 대한 부분은 배제 하였으며, 단지 황색, 형광 주황색, 백색 바탕 색상에 대한 주목성을 측정하고자 하였다. 참고로 황색 바탕 표지판은 기존에 고속도로에서 사용되고 있는 표지판의 색상이며, 백색 바탕 표지판은 일반국도 등에서 사용되고 있는 표지판으로 색상이다. 따라

그림 3. 실내 육안 평가를 위해 축소 제작된 공사구간 안내표지

서 본 연구에서 제안하는 형광 주황색과 기존 표지판에서 사용 중인 바탕색인 황색 및 백색의 주목성을 서로 비교하는 것이 본 실험의 목적임을 밝힌다.

주행 시뮬레이터를 이용한 주행 실험의 경우, 실제 주행 상황에서 주목성을 검증하기 위하여 황색, 백색, 형광 주황색 바탕의 공사구간 안내표지를 얼마나 원거리에서부터 인지할 수 있는지를 비교하였다. 비교 결과는 t-검증을 통해 통계적으로 유의한지 살펴보았다.

3.2 실내 육안 평가

실내 육안 평가는 피실험자들이 기존의 공사구간 안내표지의 바탕 색상 또는 글자 색상 중 어떤 색상으로부터 필요한 정보(즉, 전방 공사구간 존재)를 취득하는 지, 그리고 바탕 색상을 형광 주황색으로 대체하였을 때 선호도가 어떠한 지를 실내 실험을 통해 평가하고자 한다. 공사구간 안내표지 색상별 주목성 비교 실험은 실제와 동일한 색상 및 형상을 보이는 안내표지를 1/3로 축소 제작한 후, 축소 안내표지를 실험실에 직접 설치하여 10m 지점에서 피 실험자가 직접 눈으로 확인하고 판단하였다.

안내표지에 이어, 공사구간 예고표지, 공사구간용 갈매기표지, 그리고 공사구간 차단구간 유도표지에도 동일 방식의 실험을 실시하였다. 실내 육안 평가는 운전면허를 소유한 20대 부터 50대까지의 남녀 총 65명을 대상으로 실시하였고, 피 실험자의 연령별 구성비는 표 1과 같다.

표 1. 연령대 별 시뮬레이션 대상 인원

구 분	남	여	합계
20대	25	10	35
30대	6	8	14
40대	7	0	7
50대	6	3	9
합계	44	21	65

실내 육안 평가에서는 먼저 기존에 공사구간에서 사용되고 있는 공사구간 안내표지의 바탕 색상 또는 글자 색상 중 어떤 색상에서 피실험자들이 정보를 취득하는 지 확인하였다. 이를 위해 현재 고속도로 상에서 적용 중인 황색 바탕에 검정 글자를 이용한 안내표지와 일반국도 등에서 적용 중인 흰색 바탕에 적색 글자를 이용한 안내표지를 비교하였다. 본 실험에서는 각 피 실험자에게 바탕 색상과 글씨 색상 중 어떤 것으로부터 공사구간이라는 정보를 먼저 취득하였는지를 물었으며 그 결과는 표 2 및 표 3과 같다.

표 2. 황색 바탕 흰색 글자 공사구간 안내표지의 정보 취득 순위
단위: 명(비율)

구 분	공사 구간 정보 취득 색상		합계
	바탕 색상	글씨 색상	
20대	24 (68.6%)	11 (31.4%)	35
30대	10 (71.4%)	4 (28.6%)	14
40대	4 (57.1%)	3 (42.9%)	7
50대	9 (100.0%)	0 (0.0%)	9
합계	49 (72.0%)	19 (28.0%)	68

표 3. 흰색 바탕 적색 글자 공사구간 안내표지의 정보 취득 순위
단위: 명(비율)

구 분	공사 구간 정보 취득 색상		합계
	바탕 색상	글씨 색상	
20대	9 (25.7%)	26 (74.3%)	35
30대	2 (14.3%)	12 (85.7%)	14
40대	0 (0.0%)	7 (100.0%)	7
50대	0 (0.0%)	9 (100.0%)	9
합계	11 (16.8%)	57 (83.2%)	68

실험 결과에서 알 수 있듯이 현재 고속도로에서 적용되고 있는 공사구간 안내표지에서는 바탕색인 황색을 인지함으로써 공사구간의 존재 사실을 인지하고 있으며, 일반국도 등에서 적용되는 안내표지는 백색 바탕 보다는 적색 문자를 통해 공사 중이라는 사실을 알 수 있다고 답변을 하였다. 고속도로 안내표지의 경우 72%가 바탕색 통해서 알 수 있었고, 일반국도 등의 안내표지의 경우 83%가 글자를 통해서 먼저 인식 할 수 있다고 응답하였다. 여기서 추측 할 수 있는 사실은 황색은 주의 표지로 많이 인식이 되어서 그런지 일부 응답자들은 황색만 보아도 주의 구간이라는 사실을 예측 할 수 있으며, 백색 바탕의 경우는 글자를 본 후에 공사구간을 인지할 수 있다고 하였다.

상기 실험에 이어, 그림 3에서 보인 바와 같이 세 가지 다른 바탕 색상을 적용한 공사구간 안내표지에 대하여 바탕 색상의 주목성을 평가하였다. 평가 결과 형광 주황색을 바탕 색상으로 적용한 공사구간 안내표지를 황색과 백색을 적용한 안내표지에 비해 74% 선호함을 알 수 있다. 형광 주황색의 주목성이 우수하다는 사실을 객관적으로 알 수 있는 부분이다.

표 4. 세 가지 공사구간 안내표지의 주목성 평가 결과
단위: 명(비율)

구 분	공사 구간 정보 취득 바탕 색상			합계
	황색	형광 주황색	백색	
20대	14 (40.0%)	21 (60.0%)	0 (0%)	35
30대	1 (7.1%)	13 (92.9%)	0 (0%)	14
40대	1 (14.3%)	6 (85.7%)	0 (0%)	7
50대	1 (11.1%)	8 (88.9%)	0 (0%)	9
합계	18 (25.9%)	50 (74.1%)	0 (0%)	68

공사구간 안내표지에 이어 공사구간 예고표지, 공사구간 갈매기표지 그리고 공사구간 유도표지 등에도 상기 세 가지 바탕 및 글자 색상을 적용하여 동일한 평가를 수행하였다. 이러한 이유는 공사구간의 경우 통일된 색상을 사용하여 운전자에게 전방에 공사구간이 존재하며 필요한 교통통제를 원활히 수행할 필요가 있기 때문에 형과 주황색을 다른 교통안전시설물에 적용하였을 때 운전자의 반응을 확인할 필요가 있기 때문이다. 실험에 사용된 공사구간 예고표지는 그림 4와 같다.

공사구간 예고표지의 경우도 형광 주황색이 황색과 백색에 비해 86% 선호되는 경향을 알 수 있었다. 형광 주황색의 주목성이 우수하다는 사실을 객관적으로 알 수 있는 부분이다.

그림 4. 실내 육안 평가를 위해 축소 제작된 공사구간 예고표지

표 5. 공사구간 예고표지의 주목성 평가 결과
단위: 명(비율)

구 분		바탕 색상			합계
		황색	형광 주황색	백색	
20대	빈도	8 (22.9%)	27 (77.1%)	0 (0.0%)	35
30대	빈도	1 (7.1%)	13 (92.9%)	0 (0.0%)	14
40대	빈도	0 (0.0%)	7 (100.0%)	0 (0.0%)	7
50대	빈도	0 (0.0%)	9 (100.0%)	0 (0.0%)	9
합계	빈도	9 (13.7%)	59 (86.3%)	0 (0.0%)	68

갈매기표지도 공사구간에서의 곡선 존재를 사전에 운전자에게 알리는 중요한 교통안전시설이다. 실험에 사용된 공사구간 갈매기표지는 그림 5와 같다.

그림 5. 실내 육안 평가를 위해 축소 제작된 공사구간 갈매기표지

표 6. 공사구간 갈매기표지의 주목성 평가 결과
단위: 명(비율)

구 분		바탕 색상		합계
		황색	형과 주황색	
20대	빈도	15 (42.9%)	20 (57.1%)	35
30대	빈도	3 (21.4%)	11 (78.6%)	14
40대	빈도	0 (0.0%)	7 (100.0%)	7
50대	빈도	1 (11.1%)	8 (88.9%)	9
합계	빈도	20 (28.9%)	48 (71.1%)	68

공사구간용 갈매기표지의 경우도 형광 주황색이 황색에 비해 71% 선호하는 경향을 알 수 있었다. 형광 주황색의 주목성이 우수하다는 사실을 객관적으로 알 수 있는 부분이다.

유도표지도 공사구간에서의 효율적 교통통제를 위해 필요한 교통안전시설이다. 실험에 사용된 공사구간 유도표지는 그림 6과 같다.

공사구간 차단구간용 유도표지의 경우도 형광 주황색 색상이 황색에 비해 71% 선호하는 경향을 알 수 있었다. 형광

그림 6. 실내 육안 평가를 위해 축소 제작된 공사구간 유도표지

표 7. 공사구간 유도표지의 주목성 평가 결과
단위: 명(비율)

구 분		바탕색상		합계
		황색	형광 주황색	
20대	빈도	16 (45.7%)	19 (54.3%)	35
30대	빈도	2 (14.3%)	12 (85.7%)	14
40대	빈도	0 (0.0%)	7 (100.0%)	7
50대	빈도	1 (11.1%)	8 (88.9%)	9
합계	빈도	20 (28.8%)	48 (71.2%)	68

주황색의 주목성이 우수하다는 사실을 객관적으로 알 수 있는 부분이다.

3.3 주행 시뮬레이터를 이용한 주행평가

주행 시뮬레이터를 이용한 주행 평가의 경우 아직까지 실험대상자들이 공사구간 안내표지에 익숙하지 않기 때문에 실험의 편의를 위하여 기존에 익숙한 무인단속카메라 및 버스 전용차로표지의 색상을 황색 바탕을 형광 주황색으로 대체

함으로써 얼마나 원거리에서부터 인지할 수 있는 가를 비교하였다. 본 연구에서는 먼저 주행 시뮬레이터³⁾를 이용하여 고속도로 주행환경을 구축한 뒤, 모의 주행 실험을 통해 형광 주황색을 적용한 표지의 인식거리를 기존 표지와 비교하였다. 시뮬레이터를 이용한 주행실험에 사용된 표지는 기존에 공사구간에 사용되어온 색상인 황색 및 백색바탕과 형광 주황색의 공사구간 표지를 사용하였다. 이와 더불어, 색상 관측만으로 공사구간을 미리 판단하는 것을 방지하기 위하여 황색 바탕의 과속단속 예고표지와 백색 바탕의 버스전용차로 안내표지를 추가하였다. 이 분석에서는 얼마나 원거리에서 표지의 내용 인식이 가능한지 확인하여 주황색의 주목성을 검증하였다.

형광 주황색, 황색, 그리고 백색의 바탕의 표지들을 비교해 본 결과, 형광 주황색 공사구간 안내표지가 황색 바탕 안내표지 보다 15m 전방에서 인지되었으며, 백색 바탕 표지

그림 7. 드라이빙 시뮬레이터를 이용한 실험 전경

표 8. 공사구간 안내 표지 시인거리 비교를 위한 양측 t-검증 결과

구분	대응차					t-값	p-vale
	평균	표준편차	평균의 표준오차	차이의 95% 신뢰구간			
				하한	상한		
주황-황색	15.385	15.092	1.872	11.645	19.124	8.219	.000
주황-백색	24.631	18.906	2.345	19.946	29.315	10.504	.000

표 9. 공사구간 예고표지 시인거리 비교를 위한 양측 t-검증 결과

구분	대 응 차					t-값	p-값
	평균	표준편차	평균의 표준오차	차이의 95% 신뢰구간			
				하한	상한		
주황-황색	10.831	8.194	1.016	8.800	12.861	10.657	.000
주황-백색	19.077	10.793	1.339	16.403	21.751	14.251	.000

표 10. 주행 시뮬레이터를 이용한 주행 실험 결과

구 분		피 실험자 수	평균 시인거리 (m)	최솟값 (m)	최댓값 (m)	표준편차 (m)	표준오차 (m)
공사중 \ 안내 표지	황색	65	53.91	13	100	18.17	2.25
	주황색	65	69.29	10	145	25.56	3.17
	백색	65	44.66	13	92	16.81	2.09
공사중 \ 예고 표지	황색	65	29.60	5	54	13.25	1.64
	주황색	65	40.43	6	92	13.81	1.71
	백색	65	21.35	4	77	9.40	1.17

3) 사용 프로그램 : UC/WIN Road Version 5.0 (FORUM8社 제조)

그림 8. 연령대별 최초 인식 거리 비교

보다 25m 전방에서 인지되었다. 또한 형광 주황색 마름모 형태의 공사구간 예고표지는 황색 예고 표지보다 11m 전방에서 인식되며, 백색 예고표지보다 19m 전방에서 인식되는 것으로 조사되었다. 이 결과에서 형광 주황색이 다른 색상보다 원거리에서 인식되는 것으로 확인되었다. 따라서 대부분의 상황에서 형광 주황색이 황색 혹은 백색 보다 원거리에서 인지됨을 알 수 있다. 또한 상기 평가 결과에 대하여 t-검증을 통해 각각의 인식거리의 평균값이 통계적으로 유의한지를 검증하였다. 형광 주황색 바탕의 공사구간 안내표지와 노란색 바탕의 안내표지의 시인거리 평균에 대한 t-검증 결과 신뢰구간 90%에서 p-값이 0.05보다 작으므로 '두 안내표지의 평균 시인거리가 같다'라는 귀무가설을 기각하고 있다. 따라서 90% 신뢰수준에서 형광 주황색 바탕의 표지가 노란색 바탕의 표지보다 멀리서부터 인식될 수 있는 것으로 판명되었다. 이러한 사실은 형광 주황색 바탕의 공사구간 안내표지와 흰색 바탕의 안내표지의 시인거리 평균과의 비교에서도 동일하게 판명되었다. 또한 공사구간 예고표지의 최초 시인거리 평균값의 비교에서도 동일한 결과가 도출되었다.

3.4 분석결과 종합

공사구간 표지의 바탕색의 주목성과 관련된 실내 평가와 주행 시뮬레이터를 이용한 주행 평가 결과에서 모두 형광 주황색 바탕의 표지가 주목성에서 우수한 것으로 판명되었다. 또한 주행 평가 결과에 대한 t-검증 결과 형광 주황색 바탕의 표지의 최초 인식거리가 다른 바탕색의 도로표지에 비해 긴 것으로 판정되었다. 대부분 원거리에 주황색을 인식할 수 있어 분석 시 그다지 어려움은 없었으며, 이를 바탕으로 향후 공사구간 표지에 적용되는 색상이 단일 화 되어 운전자 및 도로 이용자들에게 주황색은 공사 구간이 라는 명제를 제공함으로써 방어 및 서행 운전을 통해 교통사고 예방에 기여할 것으로 판단된다.

4. 결론 및 향후 연구과제

현재 우리나라의 공사구간 안전 표지판에 적용되는 색상에 대한 주목성 평가 실험에 대한 결과는 형광 주황색상이 황색 바탕과 백색 바탕에 비해 현저한 주목성을 보여 주고 있다. 시뮬레이션 실험을 종합적으로 분석 결과 공사구간 안내 표지의 경우도 주황색 색상이 황색과 백색에 바탕의 공사구간 안내 표지판에 비해 74% 우수한 주목성이 있다는 것을 알 수 있었으며, 공사중 예고표지의 경우도 형광 주황색 색상의 예고 표지판이 황색과 백색에 비해 86% 선호하는 경향을 알 수 있었다. 또한 공사구간용 갈매기 시선유도 표지 및 차단구간 유도표지의 경우도 형광 주황색 색상이 황색에 비해 71% 선호하는 경향을 알 수 있었다.

공사 구간용 형광 주황색 및 황색, 백색의 표지판을 비교해 본 결과 안내 표지의 경우는 황색의 경우 15m 전방에서 색상을 인지하며, 백색과 비교 시 25m 전방에서 인지할 수 있다는 사실을 알 수 있었다. 또한 마름모 형태의 형광 주황색 공사구간 안내표지는 황색에 비해 11m 전방에서 인식하며, 백색과 비교 시는 19m 전방에서 인식 한다는 사실을 유추해 볼 수 있다. 이 결과에서 예측 할 수 있는 사실은 형광 주황색상이 더 원거리에서 색상을 인지 한다는 사실이다.

또한 외국의 경우, 미국, 싱가포르, 일본, 등 이미 선진국에서는 주황색을 공사구간에 적용함으로써 운전자들에게 주황색이 보여 지면 공사구간이라는 사실을 미리 인지하여 방어 운전 및 서행 함으로써 교통사고 예방 및 작업자 안전을 제공 할 수 있다는 사실에 비추어, 우리나라에서도 공사구간 색상에 대해서는 혼용되는 실정에서 하나로 통합하면서 공사구간에 대한 인지도를 높여서 사고예방에 커다란 도움이 되었으면 하는 생각이다.

공사시설에 대한 연구로 인해 현재 적용되어 지고 있는

공사 구간의 안전 시설물에 대한 문제점 및 유지 관리, 설치 시 문제점이 무엇인지 분석하고 운전자들에게 보다 안전하고 편리한 주행이 될 수 있도록 유도하면서 해외 사례를 분석하여 우리나라와 다른 점이 무엇이고 개선 할 부분이 있으면 적극적으로 검토 제안을 하고자 한다.

형광 주황색 바탕에 흑색 글씨로 바뀌는 것이, 공사구간 안내표지에 시인 성, 주목성에 효과적이 라는 사실을 알 수 있게 되었다. 이를 통해 현재 국토해양부에서는 공사구간 안전시설에 관한 프로젝트에 제안하여 실제 도로에서 적용하여 그 활용 가능성을 분석하였으면 한다.

본 실험을 통해 알 수 있듯이, 형광 주황색이 다른 색상, 황색, 백색에 비해 우수한 주목성을 알 수 있었다.공사 구간의 위험도 안전을 위해서는 아래와 같은 3단계 이론을 가지고 안전을 논 하고 저 한다. 형광 주황색 인식, 서행 및 방어운전, 사고 예방의 3단계 이론이다. 멀리서 주황색의 등장은 도로에 공사가 진행되고 있음을 암시 하므로, 관련 기관이나 연구소에서 좀 더 적극적으로 검토하여 공사구간 색상의 단일화로 인해 운전자나, 도로 이용자들에게 보다 안전하게 운행 할 수 있도록 새로운 기준을 제안 하는 것이다.

이러한 형광 주황색을 이용한 교통안전시설물은 이미 서울 외곽순환도로 성남 IC에서 일산 방향 판교 방음벽 터널 공사 구간에 시험 적용된 이후로 고속도로 공사구간에서는 이러한 형광 주황색 표지판이 확대 설치되고 있는 상황이다. 하지만 구체적인 효과에 대한 분석이 부족한 관계로 본 연구에서 그 효과를 과학적으로 추정할 수 있을 것으로 기대 된다.

본 연구에서 도출된 형광 주황색의 주목성 부분 분석 결과는 실제 도로주행결과를 통해서 도출되는 결과를 기대 하였으나 주어진 환경 및 여러 제반 여건상 실내 실험실에서 시험을 하였기에 어려움을 많이 겪었다. 향후 공사구간에 대한 기준이 단일 화 되고 전 방위적 사용될 수 있으려면 추후 보완될 부분이 있다. 특히 공사구간 표지의 형태 및 크기도 검토 되어야 하며, 문자나 형상의 색상, 글자 높이 등 다양한 면에서 검토가 필요 하리라 본다.

또한 공사 구간에 적용되는 형광 주황색을 통해 운전자 및 도로 이용자들에게 보다 안전하고 편리하게 운영 될 수 있도록 해당 감독관청 및 전문 연구기관에서도 관심을 가지고 보편타당한 결과를 바탕으로 새로운 공사 안전에 기여 할 수 있도록 우리 모두가 노력해야 하며, 향후 이를 포함

한 공사구간 개선 모형을 제시해야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신 연구개발사업의 연구비지원(과제번호 07-기술혁신-A01)과 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2010-0028693).

참고문헌

- 경찰청(2008) **안전 시설물 기준**, 경찰청.
- 도로교통공단(2010) **교통사고 통계분석 2편**, 도로교통공단.
- 문은배(2011) **색채 디자인 교과서**, 안그래픽스.
- 손봉수 외(2000) **도로 공사장 교통관리 실천방안 연구**, 서울시정개발연구원.
- 양석주 외(2002) **시선유도시설 성능기준 개선연구 최종보고서**, 한국건설기술연구원.
- 한국도로공사 도로교통연구원(2007) **공사구간 교통 안전관리 및 야간 시인성 보완**, 한국도로공사 도로교통연구원.
- 한국도로공사(2009) **공사구간 매뉴얼**, 한국도로공사.
- Bai, Y. and Li, Y. (2006) *Determining the Major Causes of Highway Work Zone Accidents in Kansas*. Report No. K-TRAN:KU-05-1. Kansas DOT.
- Burns, David M., Pavelka, and Lee, A. (1995) Visibility of Durable Fluorescent Materials for Signing Applications Color Research and Application, Vol. 20, pp. 108-116.
- Clark, K. L., Hummer, J. E., and Dutt, N. (1996) Field Evaluation of Fluorescent Strong Yellow-Green Pedestrian Warning Signs, *Transportation Research Record*, 1538, TRB, pp. 39-46.
- FHWA (2009) *Manual on Uniform Traffic Control Devices*.
- Hirasawa, M., Takemoto, A., Asano, M., and Takada, T. (2007) Study on Improving Worker Safety at Roadway Sites in Japan, *Transportation Research Record*, 2015, TRB, pp. 41-54.
- Hummer, J. E. and Scheffler, C. R. (1999) Driver Performance Comparison of Fluorescent Orange to Standard Orange Work Zone, *Transportation Research Record*, 1657, TRB, pp. 55-62.
- Uilman, B. R. and Uilman G. L. (2010) Evaluating Innovative Ideas in Pedestrian Signing for Temporary Traffic Control, *Transportation Research Record*, 2149, TRB, pp. 21-29.
- Wang, C., Dixon, K. K., and Jared, D. (2003) Evaluating Speed-Reduction Strategies for Highway Work Zones, *Transportation Research Record*, 1824, TRB, pp. 44-53.

(접수일: 2012.5.18/심사일: 2012.5.28/심사완료일: 2012.6.5)