

ORIGINAL ARTICLE

운전자 인지특성 분석을 통한 횡단보도 디자인 연구

이주영*

국립한경대학교 조경학과

Pedestrian Crosswalk Design based on the Assessment of Driver Recognition

Juyoung Lee *

Department of Landscape Architecture, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea

Abstract

With the increasing role of environmental design in promoting urban safety, new design attempts have been made to improve pedestrian safety in crosswalks. This study proposes an evidence-based design solution for improving crosswalk function by conducting simulations and field experiments. Drivers with more than one-year driving experience participated in this study. Four different crosswalk design patterns were prepared: (1) a zebra pattern, (2) zebra pattern with colored triangles, (3) 3D pattern, and (4) art pattern with unique colors and design. The results supported that the zebra pattern with colored triangles could be the most effective solution for crosswalk design by increasing visibility, attention, deceleration, and landscape aesthetics. This study provided objective data to support the performance of various crosswalk patterns and suggested the need to reevaluate the present crosswalk design guidelines.

Key words : Environmental design, Evidence-based approach, Pedestrian safety, Field experiment

1. 서론

도로는 도시환경을 형성하는 주요한 요소로서 차량의 이동과 보행자의 통행이 동시에 이루어지는 곳으로, 유동인구가 많은 도심 속 도로에서는 보행자의 안전 확보가 더욱 중요시된다(Jung et al., 2017). 교통사고 관련 통계 중에서 OECD 국가들의 자동차 1만대 당 사망자수를 보면, 2015년 기준으로 우리나라가 가장 높으며, 차대사람 교통사고 사망자의 20%가 횡단 중에 발생한 것으로 나타났다(Road traffic authority, 2020). 해외의 연

구에서도 보행자 사고의 37%가 횡단보도에서 발생한다고 보고하고 있는 만큼(Wang et al., 2016), 횡단보도는 보행자의 안전과 가장 밀접한 공간이라고 볼 수 있으며, 횡단보도에서 차대사람 간에 사고가 발생할 경우 보행자의 피해가 특히 심각할 수 있다. 차량 속도와 보행자 사고의 심각성은 상당한 상관관계가 있으며 차량속도가 30 km/h에서 50 km/h로 증가할 경우 보행자가 심각한 피해를 입을 확률이 8배로 증가한다고 알려져 있다(Gårder, 2004). 도로교통법제13조 및 제27조에는 운전자의 보행자 통행 보호 의무가 명시되어 있음에도 불구하고

Received 4 February, 2020; Revised 3 March, 2020;

Accepted 3 March, 2020

*Corresponding author: Juyoung Lee, Department of Landscape Architecture, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea
Phone : +82-31-670-5213
E-mail : lohawi@gmail.com

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

하고 횡단보도 사고는 해마다 계속 발생하고 있다. 그러므로 도로에서 횡단 중인 보행자의 사고를 예방하기 위해서는 운전자로 하여금 횡단보도의 인지도를 높여 속도를 낮추도록 유도하는 것이 매우 중요하다.

횡단보도란 보행자가 도로를 횡단할 수 있도록 안전표지로 표시한 도로의 부분으로서, 국토교통부에서 설치 위치 및 교통안전표지의 설치 등에 관해 일정한 기준을 정하고 있다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2018). 그러나 도시환경이 갈수록 더욱더 복잡해짐에 따라 도로에서의 보행자의 안전은 더욱 취약해지고 있는 실정이다.

보행자의 안전을 확보하기 위해 횡단보도에 관한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 유동인구가 많은 교차로를 대상으로 한 연구에서는 횡단 유형과 사고데이터를 분석하고 이를 통해 횡단보도의 설치 위치와 횡단형태를 제시하고 있으며(Road Traffic Authority, 1998; Ha et al., 2003; Alhajyaseen and nakamura, 2012; US Department of Transportation, 2015; Jung et al., 2017), 미드블록(mid-block)에 위치한 횡단보도와 관련하여서는 횡단보도의 적절한 폭(Kim et al., 2016)과 설치 간격(Oh, 2019)을 도출하는 연구가 보고되고 있다. 운전자로 하여금 전방의 횡단보도를 예측할 수 있도록 차선에 보조 표지를 통해 차량의 속도를 낮추는 방안(Guo et al., 2016)과 함께 운전자의 시인성을 높이기 위한 도로 표지판 설치 및 디자인에 대한 검토도 활발하게 진행되고 있다(Park et al., 2009; Cho, 2011; Song and Lee, 2011). 근래 들어 어린이보호구역에서의 사고예방이 사회적 이슈로 등장하면서 스쿨존 도로환경을 개선하기 위한 종합적 방안에 대해서도 검토되고 있다(Kim and Kim, 2013).

한편, 도시디자인의 역할과 기능이 다양해지면서 경관 및 미관, 방법, 복지의 영역을 넘어서 안전의 영역에서도 디자인의 역할이 중요시되고 있다. 디자인을 통해 안전성을 확보하는 방안은 저렴한 비용으로 높은 사회적 효과를 기대할 수 있다는 장점이 있다. 이와 관련하여 횡단보도의 디자인에 대해 검토한 연구를 보면, 횡단보도에 사용되는 흰색 선에 초점을 맞추어 선 종류와 모양에 관해 사례를 조사하고 분석하거나(US Department of Transportation, 2001; McGrane and Mitman, 2013) 횡단보도 표시선의 색채와 형태를 광범위하게 조사하여

유형화 한 사례가 보고되고 있다(Jeon, 2010). 또 착시효과를 이용한 입체 횡단보도의 효과성에 대해 시뮬레이션 실험을 통해 검토하기도 하는 등(Rebello et al., 2019) 디자인 개선을 통해 보행자 안전을 향상시키려는 움직임이 일어나고 있다. 이러한 현상은 끊임없이 변화하는 도시환경 속에서 기존의 횡단보도 형태로는 충분한 기능을 발휘하기에 한계가 있음을 반증하는 것으로 볼 수 있다.

최근에는 횡단보도를 도시경관을 구성하는 하나의 요소로 인식하는 경향이 나타나고 있으며 기존의 규격화된 횡단보도 디자인을 벗어나 다양한 형태와 색상을 사용한 사례가 등장하고 있다(Jeon, 2010). 이러한 현상은 횡단보도의 다양화를 통해 시인성을 높이고 개성적인 도시 이미지를 창출한다는 장점이 있으나, 보행자의 안전성에 대한 효과가 검증되지 않았다는 불안요소를 지니고 있다. 실제로 횡단보도 디자인에 대한 실효성을 평가한 연구는 많지 않으며 그 효과성에 대한 객관적 검증도 제대로 이루어지지 않고 있다. 따라서 이번 연구에서는 다양한 형태의 횡단보도 디자인에 대해 기능을 객관적으로 검증하고 운전자와 보행자의 인식을 조사함으로써 안전성이 높은 횡단보도 디자인을 도출하는 데에 그 목적을 두었다.

2. 연구대상 및 방법

이번 연구에서는 동적 이미지를 이용한 시뮬레이션 실험과 실제 도로에서 직접 운전을 통한 현장실험을 실시하였다. 두 실험 모두 주거단위에 직접 접근되어 보행자의 접근성이 높은 왕복2차선 도로를 대상으로 하였고, 시뮬레이션 실험을 위한 이미지는 가급적 현장 실험의 환경과 유사하게 제작하였다. 왕복2차선 도로의 길가에 보행자 도로가 있으며 신호등이 없는 횡단보도에서 실험을 진행하였다.

2.1. 횡단보도 디자인

실험환경은 교차로가 아닌 mid-block 상에 설치된 횡단보도에 초점을 맞추었고, 횡단보도 디자인에 의한 영향을 명확히 도출하기 위해 신호등이나 조명과 같은 다른 교통안전시설의 영향을 받지 않는 환경을 설정하였다. 횡단보도 종류는 Google Image에서 관련 키워드 검색을 통해 나타나는 디자인 중에서 일정한 조건을 충족하는 사례를 취합한 다음, 디자인 특성에 따라 분류하였다. 조건으로는, 평면에 도색을 통해 설치되어 있으며 조명



Pattern A



Pattern B



Pattern C



Pattern D

Fig. 1. Four different types of crosswalk design used for the computer simulation experiment.

등보조시설의 영향을 받지 않고 왕복4차선 이내의 도로에 설치되어 있는 횡단보도에 제한하였다. 도출된 디자인들을 대상으로 과거 연구(Jeon, 2010)를 참고하여 크게 다음과 같은 네 가지 패턴으로 구분하였다.

- (1) 선형 패턴의 지브라 디자인(Pattern A)
- (2) 선형 패턴에 컬러를 혼합한 디자인(Pattern B)
- (3) 착시효과를 이용한 입체형 디자인(Pattern C)
- (4) 모양과 색상이 자유롭게 표현되는 예술형 디자인(Pattern D)

2.2. 실험대상자

실험에 앞서 참가자들에게 연구에 대한 설명을 서면 및 구두를 통해 실시하였고 자발적인 동의를 득한 후에 실험을 진행하였다.

실험대상자는 정상적인 시력을 보유하고 있으며 인지 능력에 문제가 없는 20대에서 40대의 성인 중에서 운전

면허증을 취득하고 실제 운전 경력이 1년 이상인 사람만을 참가하도록 하였다. 시뮬레이션 실험과 현장 실험에는 각각 26명이(남성 20명, 여성 6명) 참여하였으며 중복되지 않도록 하였다. 참가자들의 평균연령(\pm 표준편차)은 시뮬레이션 실험에서 24.2 ± 2.3 세이고 현장 실험에서 27.9 ± 7.2 세로 비슷한 수준이었다.

2.3. 시뮬레이션 및 현장 실험

시뮬레이션 실험은 실내에서 고해상도 대형모니터를 이용하여 가상의 이미지를 제시함으로써 각각의 이미지에 대해 인지특성을 평가하도록 하였다. 시뮬레이션 실험에 사용된 이미지는 Sketchup 프로그램을 이용하여 제작하였고 왕복2차선 도로에 횡단보도가 설치된 상황을 연출하였다(Fig. 1).

시뮬레이션 이미지 평가는 운전자의 관점과 보행자의 관점으로 구분하여 실시하였다. 운전자의 경우 차량을

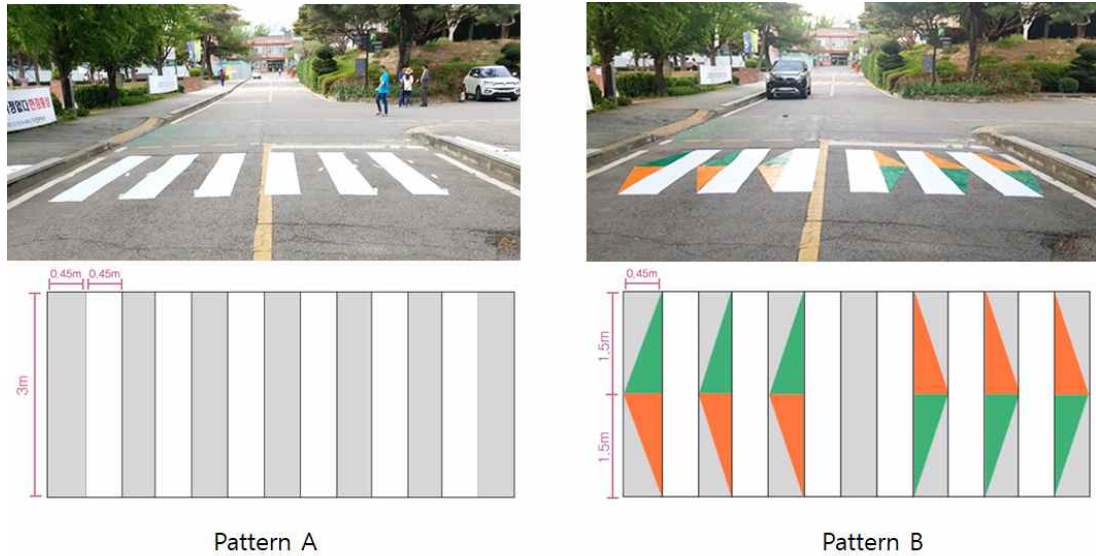


Fig. 2. Two types of crosswalk design installed on the road for the field experiment.

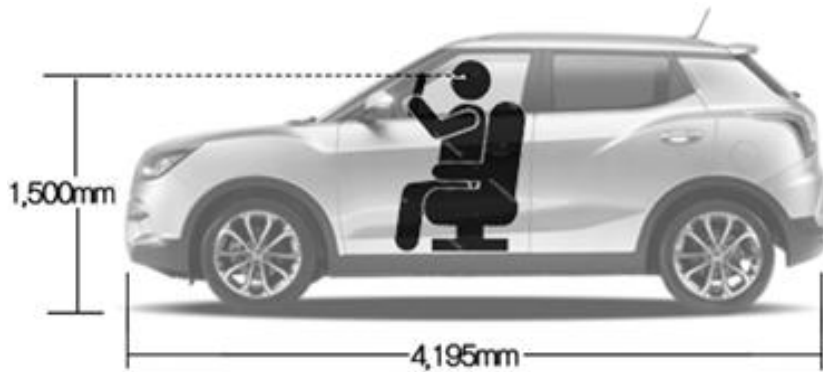


Fig. 3. Driver's position in field experiment.

운전할 때의 눈높이를 고려하여 지상 약 1.5 m에서 30 km/h 속도로 주행하는 상황의 동적 이미지를 제시하였으며, 보행자의 경우에는 일반성인의 보행 시 눈높이인 약 1.6 m에서 바라보는 정적 이미지를 제시하였다.

현장 실험에서는 시뮬레이션 실험에서 도출된 2종류의 횡단보도 디자인을 도로에 적용하여, 각각의 디자인에 대해 실제 운전자가 어떻게 인지하는지를 조사하였다 (Fig. 2). 실험은 안전관리가 용이한 대학교 캠퍼스 내의 도로에서 진행되었으며 실험에는 소형 SUV 차량을 사용하였다. 운전자의 시선 높이는 지상에서 1.5m가 되도록

설정함으로써 참가자의 신장 차이로 인한 시야의 차이가 발생하지 않도록 하였다(Fig. 3). 실험을 실시하기 전에 참가자들이 차량에 익숙하도록 충분히 연습주행을 실시하였으며 실험 시의 주행거리는 150 m로 하였다. 시뮬레이션 실험과 현장 실험 모두 순서효과를 없애기 위해 대상자에 따라 랜덤으로 자극을 제시하였다.

2.4. 데이터 수집 및 분석

이미지 제시 또는 실제 운전을 한 후에 각각의 디자인에 대한 인지적, 심리적 반응을 정량적으로 평가하도록

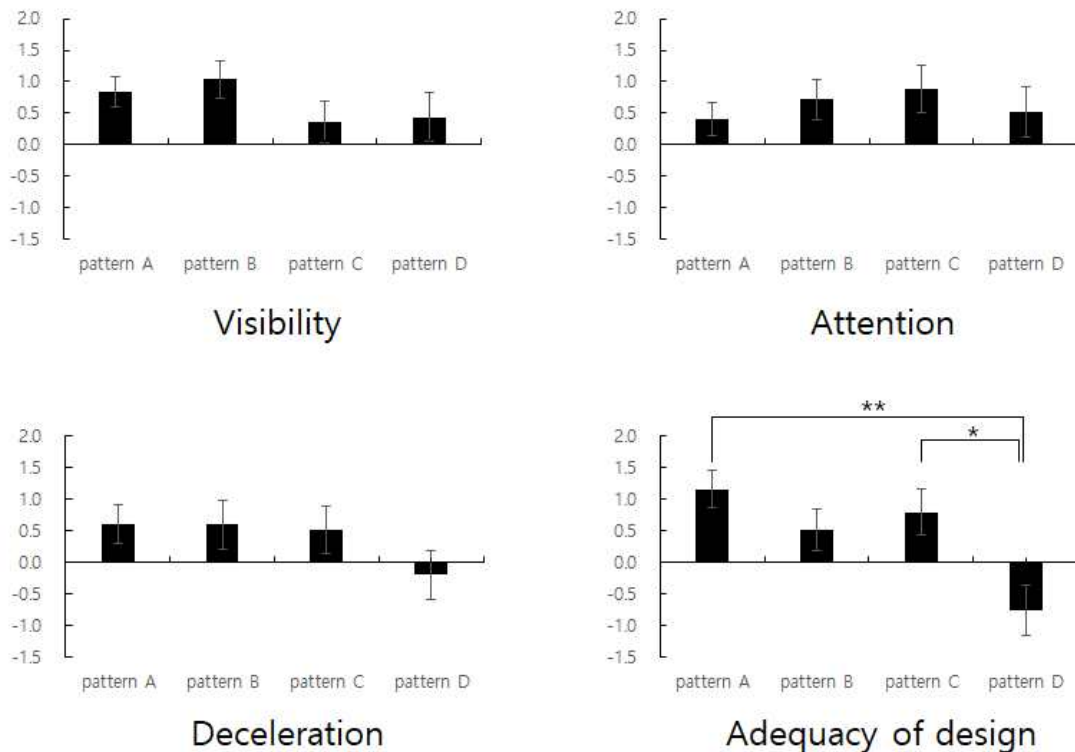


Fig. 4. Driver's evaluation on the four different types of crosswalk design in simulation experiment. Mean \pm SE. N=25.

하였다. 평가항목은 기존 연구를 바탕으로 안전표지에서 중요시 되는 요인을 도출한 다음(Jeon, 2010; Cho, 2011; Rebelo et al, 2019), 실험참가자들에게 대한 피로도를 최소화하고 원활한 실험진행을 고려하여 네 개의 항목으로 선정하였다. 그 결과, 눈에 얼마나 잘 띄는지를 나타내는 시인성, 관심과 주의를 얼마나 잘 집중하여 기울일 수 있는지를 나타내는 집중성, 운전자로 하여금 속도를 줄이도록 유도하는 감속성, 주변 환경과의 시각적 조화로우름을 나타내는 경관성, 횡단보도 디자인으로서의 적절성이 최종 평가항목으로 채택되었다. 운전자 평가항목은 시인성, 집중성, 감속성, 적절성으로 하였고, 보행자 평가항목은 시인성, 집중성, 경관성, 적절성으로 하였다. 모든 평가는 7단계 리커트 척도로 하여 평가의 즉흥성과 정확성을 확보하였다. 각각의 평가항목에 대해, 부정적 평가는 -3 점에서 -1 점 사이에 채점을 하고, 긍정적 평가는 1 점에서 3 점 사이에 채점을 하며, 어느 쪽도 아닐 경우 0 점을 부여하도록 하였다. 시뮬레이션 실험은 데이

터의 신뢰성이 떨어지는 1명을 제외한 25명을 대상으로 결과를 분석하였다.

SPSS 21.0(IBM Corp, Armonk, NY, USA)를 사용하여 시뮬레이션 실험 데이터는 Kruskal-Wallis 검정을 실시하였고, 현장 실험 데이터는 Wilcoxon 부호서열 검정을 실시하였다. 결과값은 평균 \pm 표준오차(Mean \pm SE)로 표시하였고 유의 수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

3. 결과

3.1. 시뮬레이션 실험

3.1.1. 운전자 실험

네 종류의 서로 다른 횡단보도 디자인에 대해 시뮬레이션 실험을 통해 조사한 결과, 적절성에서 유의한 차이가 나타났다(Fig. 4). Pattern D(-0.76 ± 0.39)는 Pattern A(0.16 ± 0.29 , $p < 0.01$)와 Pattern C(0.80 ± 0.36 , $p < 0.05$)에 비해 현저히 낮은 수치를 보였다. 시인성 항목에서는

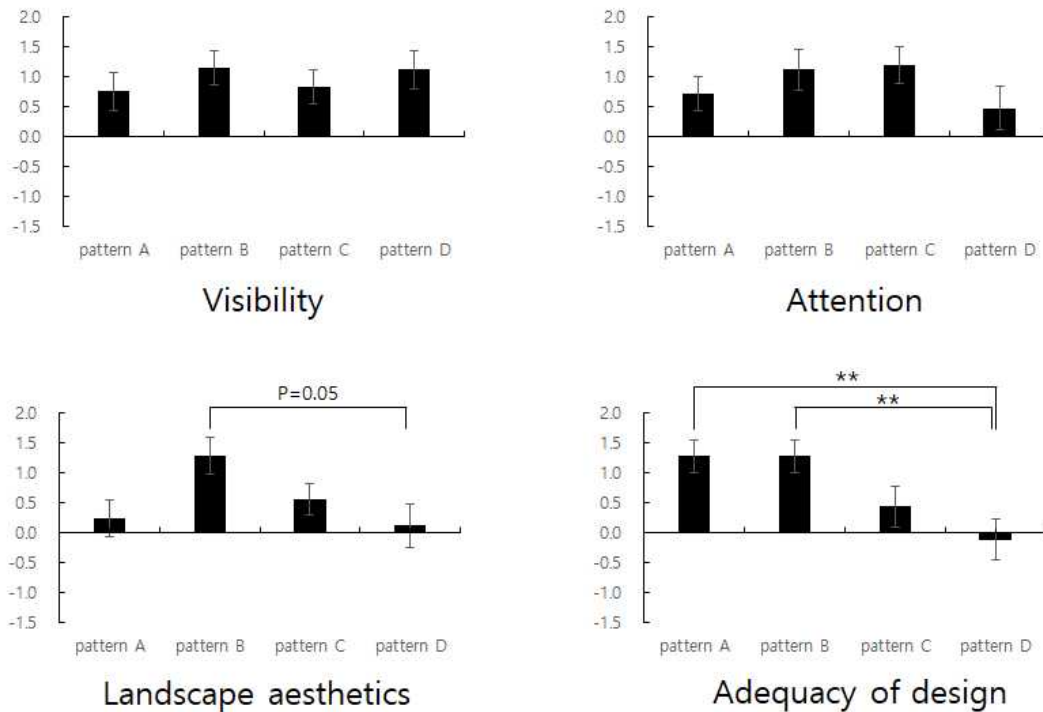


Fig. 5. Pedestrian's evaluation on the four different types of crosswalk design in simulation experiment. Mean ± SE. N=25.

Pattern B에서 가장 높았고(1.04 ± 0.30) Pattern C에서 가장 낮았으나(0.36 ± 0.32) 유의차는 나타나지 않았다. 집중성과 감속성에서도 네 종류의 디자인들 사이에 유의미한 차이가 보이지 않았다.

3.1.2. 보행자 실험

보행자 관점에서 조사한 결과를 보면(Fig. 5), 시인성에서 Pattern B(1.16 ± 0.28)와 Pattern D(1.12 ± 0.31)의 점수가 비교적 높았고, 집중성에서는 Pattern B(1.12 ± 0.33)와 Pattern C(1.20 ± 0.30)에서 높은 평균점수가 나타났으나, 통계적으로 유의미한 차이는 없었다. 경관성에서는 Pattern B(1.28 ± 0.31)가 Pattern D(0.12 ± 0.37)에 비해 현저히 높게 나타났으나(p=0.05). 적절성에서는 Pattern D(-0.12 ± 0.34)와 비교하여 Pattern A(1.28 ± 0.27, p<0.01)와 Pattern B(1.28 ± 0.27, p<0.01)의 수치가 유의하게 높았다.

3.2. 현장 실험

네 종류의 디자인에 대해 시뮬레이션 실험 결과를 바

탕으로 운전자와 보행자가 평가한 각각의 평가 항목의 평균치를 합산하여(Pattern A, 6.0; Pattern B, 7.2; Pattern C, 5.6; Pattern D, 1.6) 가장 높은 Pattern A와 Pattern B를 대상으로 현장 실험을 실시하였다. 현장 실험에서는 두 종류의 디자인 사이에 뚜렷한 차이가 보였다(Fig. 6). 시인성과 집중성, 감속성의 결과를 보면, Pattern A(0.12 ± 0.26, 0.04 ± 0.27, -0.38 ± 0.32)에 비해 Pattern B(1.42 ± 0.22, 1.31 ± 0.23, 0.92 ± 0.20)가 유의하게 높게 나타났으나(모두 p<0.01). 적절성에서도 Pattern B(0.73 ± 0.26)가 Pattern A(0.12 ± 0.28)보다 높았으나 유의차는 검출되지 않았다.

4. 고 찰

4.1. 디자인별 검토

이번 연구는 도로에서 보행자 안전을 결정하는 중요한 환경요소인 횡단보도를 대상으로 하여, 디자인 차이에 따른 이용자의 인지 특성을 조사하고 횡단보도 디자인의

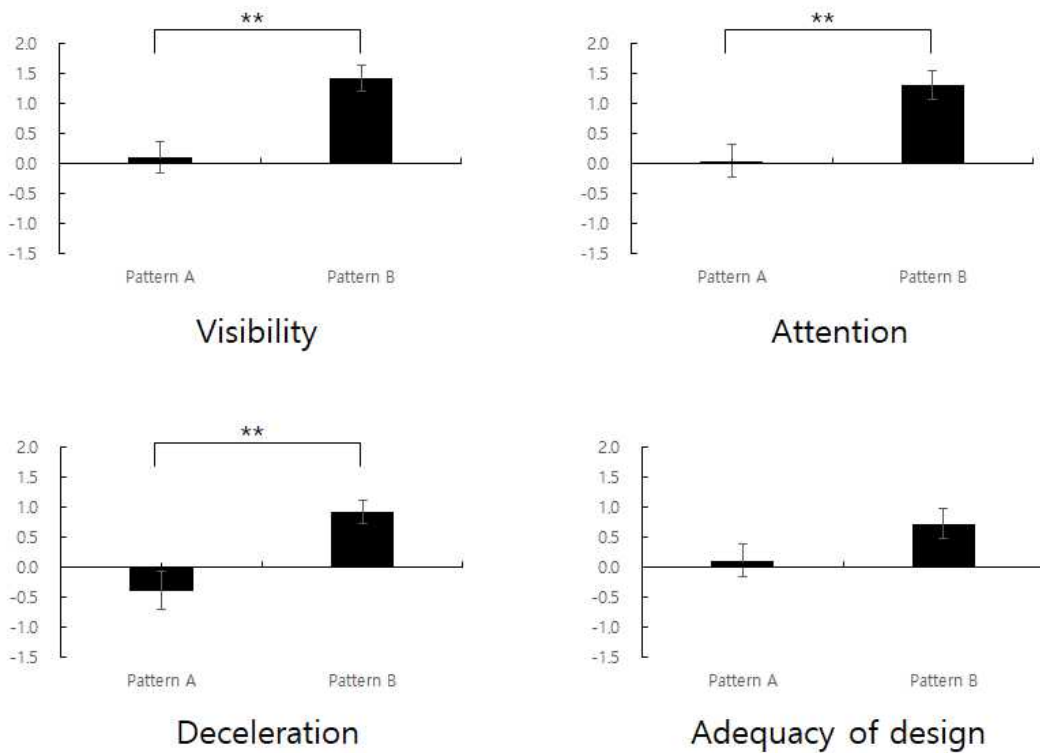


Fig. 6. Comparison of driver's recognition between two types of crosswalk design in field experiment. Mean ± SE. N=26.

효과성을 분석하였다.

각각의 횡단보도 디자인에 대한 인식을 보면, 현재 국내에서 보편적으로 사용되고 있는 Pattern A는 횡단보도 디자인으로서 적절성은 가장 높으나, 의외로 시인성과 집중성, 감속성에서는 그다지 높지 않은 수치를 보였다. 이러한 결과는, 사람들에게 가장 익숙한 형태이긴 하지만 기능성은 그다지 높지 않기 때문인 것으로 추측해 볼 수 있다. Pattern B는 Pattern A의 모양과 삼각형 컬러디자인을 조합한 형태인데 시인성과 집중성, 경관성에서 높은 수치를 보였고 실제 운전자들도 시인성과 집중성, 감속성에서 유의하게 효과적인 것으로 평가하였다.

Pattern C는 운전자 관점에서 입체감을 줌으로써 주의를 끄는 디자인으로서, 운전자 시뮬레이션 실험에서는 Pattern D에 비해 적절하다는 평가가 나오긴 했으나, 보행자 관점에서 보면 오히려 적절성이 떨어질 수 있다는 단점이 나타났다. 입체형 횡단보도는 해외에서 실제로 적용되고 있으나 시뮬레이션을 통한 과거 연구에서

는 명확한 효과성이 나타나지 않았고(Rebelo et al., 2016), 이번 연구에서도 이와 비슷한 결과가 나타났다고 볼 수 있다.

Pattern D는 다채로운 색상과 형태로 예술성을 반영한 디자인으로서, 보행자 시점에서는 시인성이 비교적 높았으나 경관성과 적절성에서 가장 낮은 평가를 받았다. 운전자 시점에서도 적절성과 감속성에서 가장 낮은 점수가 나타났고 시인성과 집중성에서도 다른 디자인들에 비해 대체로 낮은 평가 결과를 보였다. Pattern D는 특이한 모양과 다양한 색상으로 시인성이 높을 것으로 예상했으나 결과는 예상과 달랐다. 이는 횡단보도가 교통표지로서의 상징성을 지녀야 하며, 예술적 표현과 홍보적 상징으로 치우칠 경우에는 횡단보도 본래의 기능을 저하시킬 우려가 있다는 것을 보여준다.

4.2. 시뮬레이션 실험과 현장 실험 비교

이번 실험에서는 시뮬레이션 실험과 현장 실험을 병행

하였는데 그 결과에서 약간의 차이가 있었다. Pattern A와 Pattern B에 대한 결과를 비교해보면, 경향은 비슷하지만 시뮬레이션 이미지를 볼 때 보다 실제 운전을 하면서 바라볼 때 사람들의 인식 차이가 훨씬 명확하게 나타났다. Pattern B에서 유의하게 긍정적인 결과가 나타났다. 이번 연구에서 시뮬레이션 실험과 현장 실험의 참가자들이 중복되지 않기 때문에 학습 효과는 반영되지 않았으며, 현장 실험에 있어서도 참가자별로 자극 순서를 무작위로 하였기 때문에 순서 효과도 배제되었다고 볼 수 있다. 따라서 이러한 차이는 아마도 현장에서 인식하는 환경 변화의 크기가 디지털 이미지에서의 변화보다 훨씬 크기 때문인 것으로 추측된다. 이는 횡단보도와 같이 도로안전과 관련한 디자인을 검토할 때에 실제 현장에서 이용자들이 어떻게 인지하고 느끼는지를 조사하는 과정이 반드시 수반되어야 한다는 것을 뒷받침한다.

4.3. 횡단보도 디자인 향상 방안

실험 결과를 종합적으로 분석하면 Pattern B 디자인이 기능적 측면에서 가장 효과적이었다. 현행의 횡단보도 디자인에 컬러를 추가적으로 사용함으로써 시인성과 경관성을 현저히 향상시키는 한편, 횡단보도로서의 상징성은 유지하는 것으로 나타났다.

횡단보도는 운전자가 쉽게 인지할 수 있도록 하는 것이 중요하기 때문에(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2018) 이에 중점을 둔 디자인 방안에 대해 검토하였다. 도시부의 도로는 다양한 종류의 안전표지가 많이 설치되어 있고 건축물과 상업용 간판, 유동인구, 가로수 등으로 인해 안전표지의 시인성이 떨어질 수 있다(Park, 2013). 그러므로 노면 상의 횡단보도를 운전자가 급격히 빨리 인지하도록 하여 감속을 유도할 수 있는 디자인이 중요하다. 해외에서는 이미 기존 횡단보도 디자인을 개선하기 위한 다양한 사회적 실험들이 진행 중에 있으므로(Rebelo et al., 2016), 우리나라도 이에 대한 검토와 사회적 논의가 필요한 시점이라고 할 수 있다. 실제로 어린이 보호구역에서 도로포장의 색상을 달리 하거나 노면에 방향 등을 표시하는 보조 표시들이 새로이 설치되는 등 기존의 도로환경을 개선하는 움직임이 일어나고 있다. 이러한 점을 감안하면 Pattern B는 현행의 횡단보도에 간단히 적용할 수 있어 설치가 용이하다는 장점을 지닌다.

이번 연구에서는 도로의 구조 변경이나 추가 시설물의 설치 없이 적은 비용으로 높은 효과를 기대할 수 있는 횡단보도의 디자인에 초점을 맞추었다. 이를 통해 이용자의 심리적 특성을 조사하여 횡단보도의 기능을 향상시킬 수 있는 디자인안을 도출하였다는 데에 의미가 있다. 실험에서는 교통신호에서 일반적으로 사용되어 친숙한 색채인 녹색과 주황색 계통을 사용하였으나, 현장 적용을 위해서는 시인성과 집중성을 높일 수 있는 색상 및 도색재료 등에 대한 보다 세밀한 검토와 실증이 필요할 것이다. 이와 함께 신호등 유무 등 다른 요인과의 연관성에 대한 검토가 이루어지지 않았다는 한계점도 있다. 이번 연구는 일반 성인을 대상으로 횡단보도 디자인에 관해 실증적으로 검토한 기초 연구로 볼 수 있으며 실제로 교통사고에 취약한 계층이라고 할 수 있는 아동 등을 대상으로 한 추가 연구가 요구된다. 도로표지는 안전과 직결되는 중요한 요소이므로 실증을 통한 데이터의 확보(Park, 2013)와 사회적 논의를 통한 개선이 지속되어야 하며 이에 따른 관련 법제의 개선과 보완이 수반되어야 할 것이다.

5. 결론

최근 도로에서의 사고 예방을 위해 다양한 도로표지가 설치되고 있지만, 그 실효성에 대한 객관적 검증은 충분히 이루어지지 않고 있다. 본 연구에서는 보행자의 안전과 직결된 횡단보도의 기능을 향상시키기 위해 디자인 개선안을 도출하고자 하였다. 네 종류의 횡단보도 디자인을 선별하여 시뮬레이션 실험과 현장 실험을 실시한 결과, 일반적인 선형에 컬러를 조합한 디자인이 보행자의 안전 확보와 도시경관 향상에 가장 효과적인 것으로 나타났다. 오늘날의 도시환경은 갈수록 복잡해지고 있는데 횡단보도 디자인은 1970년대의 틀을 거의 그대로 유지하고 있다. 따라서 도시환경 변화를 감안한 횡단보도 디자인에 대한 사회적 논의가 필요하다고 볼 수 있으며 이번 연구는 실험적 검증을 통해 그 대안을 제시하였다는 면에서 의미가 있다.

REFERENCES

- Ahajjaseen, W. K. M., Nakamura, H., 2012, Design criteria for crosswalk width and position at signalized

- intersections, *J. Civ. Eng. Archit.*, 6(6), 844-857.
- Cho, J., 2011, A Study on road signs design for the vehicle driver safety, *J. Digi. Design*, 11(1), 813-822.
- Evaluation of 3D crosswalks design, in: Rebelo, F., Soares, M. M. (eds.), *Advances in ergonomics in design*, Springer International Publishing, Cham, Switzerland.
- Garder, P. E., 2004, The impact of speed and other variables on pedestrian safety in Maine. *Accid. Anal. Prev.*, 36, 533-542.
- Guo, Y., Liu, P., Liang, Q., Wang, W., 2016, Effects of parallelogram-shaped pavement markings on vehicle speed and safety of pedestrian crosswalks on urban roads in China. *Accid. Anal. Preven.*, 95, 438-447.
- Ha, T. J., Park, J. J., Lee, H. M., 2003, Development of design criteria for crosswalks at signalized intersections, *J. Kor. Soc. Transport.*, 21(4), 47-56.
- Jeon, Y. D., 2010, A Study on expression methods of crosswalk indication line, *Kor. Soc. Illust. Res.*, 22, 45-54.
- Jung, D., Lee, D., Jun, J., Han, D., 2017, Analysis of effects of scrambled crosswalk installation depending on the types of intersections using VISSIM, *Int. J. Highw. Eng.*, 19(3), 71-81.
- Kim, E., Kim, N. S., 2013, Service design for road environment of school zone applied with behavioral psychology, *J. Kor. Content. Assoc.* 13(8), 128-140.
- Kim, Y., Park, J., Kwon, S., Ha, T., 2016, Estimating the dimension of a crosswalk in urban area-Focusing on width and stop line, *J. Kor. Soc. Civ. Eng.*, 36(5), 847-856.
- McGrane, A., Mitman, M., 2013, *An Overview and recommendations of high-visibility crosswalk marking styles*, Pedestrian and Bicycle Information Center, North Carolina, Washington, DC, USA.
- Oh, S. J., 2019, Study on installation criteria of mid-block crosswalk, Ph. D. Dissertation, Chonnam National University, Gwangju, Korea.
- Park, J. H., 2013, A Study on driver's gaze area in variable road characteristics, Ph. D. Dissertation, Gachon University, Seongnam, Korea.
- Park, W. K., Kim, H. J., Park, J. K., 2009, A Study on the visibility and legibility of traffic safety signs - to the complexity of road environments, shape and contents of traffic safety signs, *J. Integ. Design Res.*, 8(1), 97-112.
- Rebelo, F., Cerqueira, D., Freixinho, I., Noriega, P., 2019, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2018, Guidelines on crosswalk installation and management. Sejong, Ministry of Land, Infrastructure and Transport (in Korean). Road Traffic Authority, 1998, A study on Installation criteria of crosswalk, Road Traffic Authority, Seoul, Korea (in Korean) Road Traffic Authority, 2020, Traffic statistics information https://www.koroad.or.kr/kp_web/accGlossary.do.
- Song, M. J., Lee, S. E., 2011, Development plan for the road sign design in Korea based on the comparative analysis between Korea and overseas, *J. Kor. Soc. Design Cult.*, 17(4), 222-232.
- US Department of Transportation, 2001, *Pedestrian cross-walk case studies*, US Department of Transportation, McLean VA, USA.
- US Department of Transportation, 2015, *Investigation of crosswalk design and driver behaviors*, US Department of Transportation, Washington, DC, USA.
- Wang, T., Jiang, X., Wang, W., Cheng, Q., 2016, Analysis of vehicle speed change at non-signalized crosswalks based on driving behavior, *Proc. Eng.*, 137, 547-553.

• Professor. Ju-Young Lee
Department of Landscape Architecture, Hankyong National University
lohawi@gmail.com