

어린이보호구역에서 Gateway가 주행차량속도 감소에 미치는 효과

임성준¹ · 최지한² · 오세진^{3*}

¹중앙대학교 심리학과 연구원/강사, ²중앙대학교 심리학과 석사과정, ³중앙대학교 심리학과 교수

Effects of Gateway on Reducing Vehicle Speeds in School Zones

LIM, Sungjun¹ · CHOI, Jihan² · OAH, Shezeen^{3*}

¹Researcher/Lecturer, Department of Psychology, Chung Ang University, Seoul 06974, Korea

²Master's Course, Department of Psychology, Chung Ang University, Seoul 06974, Korea

³Professor, Department of Psychology, Chung Ang University, Seoul 06974, Korea

*Corresponding author: shezeen@cau.ac.kr

Abstract

In the past five years, 31 children have been died and 2,581 children injured in School Zone. As a result of frequent accidents in School Zone, there is growing concern about safety measure for the Transportation Vulnerable. In order to prevent accidents occurring in School Zone, the government and the private agencies are seeking various safety measures. Most of safety measures are installing and operating the traffic safety facilities, and the main purpose of the operation is to reduce vehicle speeds. Currently, safety signs, driver feedback sign, speed bumps and speed cameras are in operation to reduce vehicle speeds. Interventions, except for expensive speed cameras and speed bumps, were found to be ineffective compared with the cost. Therefore, alternative interventions need to be considered in terms of cost, long-term effects and visibility. This study verified the effect of Gateway (Gateway in-street sign) on vehicle speeds and drivers' compliance with speed limit. The experiment was conducted in a school zone in Dongjak-gu, Seoul. A total of 3,378 vehicle speeds were measured. The results demonstrated that the Gateway was effective in reducing vehicle speeds and increasing speed limit compliance. Based on these results, it will be possible to find ways to consider human factors in the operation and design of traffic safety facilities in the future.

Keywords: gateway, pedestrian visibility, school zone, speed limit, traffic safety facilities

초록

최근 5년간 어린이보호구역 내에서 31명의 어린이가 사망하고 2,581명의 어린이가 부상을 입었다. 이와 같이 어린이보호구역에서 빈번하게 발생하는 사고로 교통약자에 대한 안전대책의 국민적 관심도가 지속적으로 증가하고 있다. 어린이보호구역에서 발생하는 사고를 예방하기 위해 정부 및 지자체에서도 다양한 안전대책을 모색하고 있다. 이에 대해 정부 및 지자체는 주로 교통안전시설물 및 도로 내 부속물을 설치하여 운영하고 있는데 운영의 주목적은 주행차량의 감속이다. 구체적으로 주행차량의 속도를 감소시키기 위한 방안으로 안전표지, 가변속도표출기, 과속방지턱 그리고 과속단속카메라가 운영되고 있다. 고비용인 과속단속카메라와 과속방지턱을 제외한 개입들은 비용에 비해 효과적이지 못한 것으로 나타났다. 따라서 비용적 측면,

J. Korean Soc. Transp.
Vol.38, No.2, pp.85-96, April 2020
<https://doi.org/10.7470/jkst.2020.38.2.085>

pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

ARTICLE HISTORY

Received: 6 February 2020

Revised: 23 March 2020

Accepted: 21 April 2020

Copyright ©
Korean Society of Transportation

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.

장기적인 효과 그리고 시인성에 있어 대안적인 개입이 고려될 필요가 있다. 이에 본 연구는 Gateway (관문형안전표지)가 주행차량 속도에 미치는 영향 그리고 규정속도 준수여부에 미치는 영향을 검증하였다. 실험은 서울시 동작구 소재 어린이보호구역에서 진행되었으며, 총 3,378대의 차량 속도를 측정하였다. 연구결과, Gateway는 주행차량 감속 및 규정속도 준수에 효과적인 것으로 나타났다. 본 연구결과를 바탕으로 향후 인적요인을 고려한 어린이보호구역 교통안전시설물 운용 및 설계방안을 모색해 볼 수 있을 것으로 판단된다.

주요어: Gateway (관문형안전표지), 보행자시인성, 어린이보호구역, 규정속도, 교통안전시설물

서론

어린이보호구역은 도로교통법 제12조에 의거 학교 앞 등의 주 출입문을 중심으로 반경 300m 이내 지정된 도로로 정의된다. 최근 어린이보호구역(School zone)에서 일어난 사고로 인해 어린이 교통안전에 대한 국가 및 국민적 관심이 증가하고 있다. 어린이보호구역의 지정 및 관리에 대한 법령은 1995년 처음 지정되었으며, 2003년부터 어린이 교통안전 대책의 일환으로 정부가 주도하여 실시하는 사업이다. 우리나라의 어린이보호구역은 2019년 기준으로 16,789개소가 지정되어 운영되고 있다(Korean National Police Agency, 2019) 어린이보호구역의 운영 목적은 어린이 주 통학로에 안전한 통학 공간을 확보하기 위해 교통안전시설물 및 도로부속물을 설치하여 어린이 교통사고를 예방하는 것이다(Korea Consumer Agency, 2017). 이러한 운영 목적에도 불구하고, 최근 5년간 어린이보호구역 내에서의 사고로 31명의 어린이가 사망하고, 2,581명의 어린이가 부상을 입었다(Korean National Police Agency, 2019). 또한, 우리나라의 어린이 교통사고와 사망자수는 국제적 수준에 비하면 현저히 높은 수준이다. 구체적으로, 어린이 인구 10만 명당 보행 중 사망자수는 칠레가 가장 많았다. 칠레, 이스라엘에 이어 우리나라는 세 번째인 0.54명으로 OECD 회원국 평균인 0.23명에 비해 약 2.3배 많았다(Korean Road Traffic Authority, 2019).

최근 3년간 어린이보호구역 내 발생한 교통사고에서 운전자의 법규위반 유형별 통계 자료를 살펴보면, 전체 사고 건수 1,394건에서 보행자 보호의무 위반이 40.89% (570건)로 가장 큰 비중을 차지했고, 안전운전 의무 불이행이 22.67% (316건), 신호위반이 17.29% (241건)로 그다음을 차지했다. 보행자 보호의무의 내용은 도로교통법 27조에 의거해 횡단보도에서 일시 정지하여 보행자의 횡단을 방해하거나 위험을 주지 않고 도로상에서 보행자를 보호해야 한다는 내용으로 구성되어 있다. 이를 지키기 위해서 운전자는 보행자가 존재하는 상황에 적절하게 반응할 수 있어야 하는데 의무를 이행할 수 있는 선결조건은 규정 속도를 준수하는 것이다.

차량의 주행속도와 사고율을 분석한 결과, 속도가 1% 증가할 때 사고율은 7.7% 증가하는 것으로 나타나, 고속 주행 차량이 저속 주행 차량보다 사고율이 높을 것으로 판단된다(Quimby et al., 1999). ETSC (European Transport Safety Council, 1995)는 충돌 당시 속도가 20km/h일 경우 10%의 사망 확률이 있으나 속도가 높아질수록 치명도가 선형적으로 증가한다고 보고하였다. 차량의 속도가 높아지면 운전자가 돌발상황을 회피할 수 있는 시간이 짧아지므로 급선회, 급정지 등의 운전행동으로 이어질 수 있으며, 사고 발생 확률 또한 증가한다. 물리적으로 질량과 속도에 관련되는 충격량이 속도의 제곱에 비례하기 때문에 속도가 높아질수록 충격량이 증가하여 사고 발생 시 그 치명도가 증가하게 된다. 또한 차량 속도별 보행자의 중상 가능성을 실험한 결과, 30km/h에 보행자 중상 확률 15.4%, 50km/h에 72.7%, 60km/h에 92.6%로 속도가 높아질수록 보행자의 중상 및 사망 확률이 크게 증가하는 것으로 나타났다(Korean Transportation Safety Authority, 2018). Rosen et al.(2011)은 충돌속도에 따른 보행자 사망률 변화에 관한 연구사례를 고찰했다. 그 결과 충돌속도 시속 60km에서는 보행자 사망률이 약 20% 수준으로 나타났고, 시속 50km에서는 약 10% 수준으로 보행자 사망 가능성이 절반수준으로 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같이, 치명도는 속도에 큰 영향을 받는다(Organisation for Economic Co-operation and Development, 2006). 이에 정부 및 지자체도 과속으로 인한 보행자와 운전자의 피해를 최소화하기 위해 2016년부터 도시부 도로 기본속도 50km/h, 보호구역 30km/h로 속도를 제한하는 ‘안전속도 5030’ 정책을 시행하고 있다.

이러한 정책과 더불어 어린이보호구역에서 교통사고를 예방하기 위해 정부 및 지자체는 다양한 교통안전 시설물과 도로의 부속물을 설치 및 운용하고 있다. 그러나 각 시설물과 부속물이 속도 감소에 미치는 영향을 분석한 연구결과를 살펴보면, 시설물과 부속물의 효과성이 일관적이지 않았고 일시적인 효과만 나타나는 경우도 빈번했다(Lee et al., 2012). 또한, Korea Consumer Agency(2017)의 어린이보호구역 실태조사에 따르면 어린이보호구역에는 수많은 시설물 및 부속물이 운용되고 있음에도 불구하고 38.7%의 운전자는 여전히 규정 속도를 위반하고 있는 것으로 밝혀졌다. 따라서 지속적으로 교통안전 시설물 및 부속물의 효과성을 재검증하고 대안적인 시설물과 부속물을 개발 및 제안하는 과정이 필요한 것으로 판단된다.

본 연구의 목적은 어린이보호구역에서 운전자의 주행속도를 감소시키기 위한 대안으로 Gateway (관문형안전표지)를 제안하고, Gateway가 규정속도 준수와 주행차량 속도 감소에 미치는 효과성을 검증하는 것이다.

선행연구검토

1. 어린이보호구역 교통안전 연구

어린이보호구역에서는 보행자 안전을 도모하기 위한 여러 교통안전시설물이 설치 및 운영되고 있다. 차량의 속도는 사고 발생 가능성 및 사고의 치명도와 밀접한 관련이 있기 때문에 교통안전시설물의 설치 및 운영의 주목적은 주행차량의 속도감소이다. 대표적인 교통안전시설물은 안전표지, 노면표시, 적색 포장도로, 과속방지턱, 과속단속카메라가 있다.

교통안전시설물은 운영방식과 운전자에게 미치는 영향에 따라 강제적 제어와 위임적 제어로 구분될 수 있다. 강제적 제어(forced control)는 운전자가 과속을 하거나 규정속도를 준수하지 않음으로 인해 차량 손상, 과태료 등의 피해를 입을 수 있는 개입방식이고 다소 처벌적인 요소를 포함하고 있다. 이에 해당하는 교통안전시설물로는 과속방지턱, 고원식 횡단보도(speed table; raised pedestrian crossing), 과속단속카메라 등이 있다. 반면, 위임적 제어(empowered control)는 안전표지, 가변속도표출기(Driver Feedback Sign, DFS; Speed Monitoring Display, SMD), 차로폭 좁힘 등과 같이 운전자의 감속의지에 간접적으로 영향을 미쳐 차량감속을 유도하는 개입방식이다. 어린이보호구역에서 기존에 운영되고 있는 시설물의 효과를 조사한 결과, 일반적으로 강제적 제어에 해당하는 개입방식이 위임적 제어보다 효과적이었다.

Lee et al.(2012)은 전국 33개소 어린이보호구역 시설물의 효과를 조사하였다. 조사 결과, 과속방지턱과 고원식 횡단보도가 차량 감속에 가장 효과적인 것으로 분석되었다. 가상 과속방지턱(Image Hump)은 차량 감속 효과가 미미하였으며, 어린이보호구역 안전표지, 속도제한표지는 유의미한 효과가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 Korean Road Traffic Authority(2015)의 교통안전시설이 속도관리에 미치는 영향에 관한 연구와 일치한다. 보행자 보호구역 내 차량 속도 측정 결과, 표지판 및 각종 홍보 안전시설은 구간속도 감소에 효과가 없었다. 이는 운전자가 보호구역임을 인지하더라도 규정 사항을 준수하지 않았을 때, 강제적인 요소가 없다면 감속을 기대하기는 어렵다는 결과로 분석되었다.

강제적 제어 방식의 개입이 속도 저감에 더 효과적이지만, 어린이보호구역 내 모든 구간에 이를 적용하기는 현실적으로 몇몇 제한점이 있다. 일단 강제적 제어에 해당하는 시설물은 위임적 제어에 해당하는 시설물보다 대체로 비용이 더 높다. 과속방지턱의 설치비용은 200만원, 고원식 횡단보도의 경우 700만원, 과속단속카메라는 약 3,000만원이 소요된다. 게다가 이러한 시설물은 높은 비용에도 불구하고 그 효과가 일시적이라는 문제가 있다. 강제적 제어의 효과 범위에 대한 연구결과, 과속방지턱이 연속적으로 설치되어 있지 않고 독립적으로 설치되어 있는 경우 차량 감속 효과의 범위는 매우 짧게 나타나 효과가 일시적이라는 것이 검증되었다(Park and Kim, 2010). 이는 강제적 제어가 위임적 제어와 같이 의식전환을 목적으로 실시되는 것이 아니므로, 운전자가 해당 구간에서만 처벌적 영향을 회피하기 위해 일시적으로 감속한다는 한계점으로 볼 수 있다.

이러한 기존 교통안전시설물의 한계를 보완하기 위해 새로운 형태의 교통안전시설물이 제안되고 있다. 가변속도 표출기는 차량의 현재 운행속도를 운전자에게 즉각적으로 알려주어 과속을 억제하기 위한 시설물이다. 어린이보호 구역 내 가변속도표출기의 영향을 분석한 결과 차량의 평균 운행속도가 감소하는 효과가 있었다(Song and Lee, 2005; Lee, 2006; Lee and Kim, 2008). 그러나 가변속도표출기의 장기적 효과를 검증한 연구에서 설치 1년 후 차량 운행속도는 감소하였으나, 운전자의 주의수준 또한 감소하는 것으로 나타났다(Lee and Kim, 2008). Seo et al.(2019)의 연구는 제한속도가 60km/h인 간선도로 상에 지정된 2곳의 어린이보호구역에서 차량운행 속도를 저감하기 위한 점멸형 속도제한표지의 효과를 평가하였다. 분석 결과, 점멸형 속도제한표지의 속도저감 효과는 혼재되어 있었다. 도로의 구조와 교통환경에 따라 2곳의 지역에서 상이한 결과가 나타났는데 한 곳은 전반적으로 평균속도, 제한속도 초과 차량의 비율, 85백분위 속도가 감소한 반면, 다른 곳에서는 부분적인 효과만 나타났다.

위의 선행연구 검토 결과, 어린이보호구역 내 교통안전시설물 중에서 과속방지턱, 고원식횡단보도와 같은 강제적 속도제어 시설물은 속도저감에 큰 효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 효과는 일시적이었으며, 시설물 설치비용 또한 위임적 속도제어 시설물에 비해 높게 나타났다. 최근 몇 년간 새로운 형태의 교통안전시설물로 가변속도표출기, 점멸형속도제한표지 등이 제안되었지만, 가변속도표출기의 설치비용은 1,000만원 정도로 매우 높고, 효과에 대한 일관된 결과가 도출되지 않았으며 다른 시설물과의 비교검증이 이루어지지 않았다.

2. Gateway (관문형 교통안전표지) 선행연구

교통안전에 관한 Gateway (관문형 교통안전표지)는 Community gateway에서 시작되었다. 당초 Community gateway는 교통안전을 위한 시설물이라기보다 특정 지역의 입구 또는 지방도로와 도시의 경계에 설치되어 해당 지역의 존재를 알리는 용도로 사용되어왔다. 그러나 점차 교통안전에 대한 효과성이 인정되어 교통안전시설물로 운용되었다. 미국의 Federal Highway Administration (FHWA)은 Gateway를 “도로 색상 변화, 차선 축소, 줄무늬 디자인, 관문형 구조와 같은 비전통적 교통정온화 기법과 전통적 기법과의 조합”으로 정의하였다.

Ye et al.(2011)는 미국 캘리포니아주 5개 지역에 설치된 기념비적 형태의 Gateway가 자동차 충돌 사고에 어떤 영향을 미치는지 평가하였다. 본 연구에서는 경험적 베이즈 기법(Empirical Bayes technique)을 이용한 사후 연구 방법을 사용했으며, EB 방법 외에도 (AADT를 고려하거나 고려하지 않은) 순수 연구 방법(naive study methods)을 적용하였다. 다양한 방법론을 통해 분석한 결과 Gateway는 교통안전에 부정적인 영향을 끼치지 않는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 Gateway는 교통정온화의 목적으로 설치된 것이 아니기 때문에 교통안전 향상에 있어서 효과성에 제한이 있을 수 있었다.

Iowa State University(2007)는 다양한 Gateway 사례를 검토하였다. 본 연구는 미국 Iowa 주 5개 교외지역에서 7가지의 저비용 교통정온화(Two gateway treatments, 다른 3개 지역에서 다른 5가지 개입-과속방지턱, 노면표시”SLOW”, 가변속도표출기, 차선규제봉, 노면입구개입) 기법을 평가하였다. 연구결과, 다수의 많은 Gateway가 차선 축소 등 다른 교통정온화 기법과 복합적으로 설치되어 교통안전에 기여한다는 것을 밝혔다. 공압식 도로관 (JAMAR TRAX Plus 또는 자동 교통 데이터 레코더)을 사용하여 교통안전시설물의 설치 전, 설치 후 1개월 및 3개월 간격으로 차량 속도와 통행량 데이터를 수집하였다. 효과성 측정으로, 충돌 감소를 파악하려면 3-5년이 필요하지만 본 연구는 1년 동안 진행되었기 때문에, 속도 지표를 통해 평가하였다. 여기서 활용한 속도 지표는 평균속도, 표준편차, 85 백분위 수, 제한 속도를 초과하는 특정 임계 값을 주행하는 차량의 비율, 최저 및 최고 속도가 포함되었다.

Makwasha and Turner (2013)는 뉴질랜드 102개 지역에서 자동차 충돌 사고 감소에 대한 Gateway 설치 전후에 따른 효과를 분석하였다. 뉴질랜드 도로 상 102개 지역에서 처치, 62개 지역에서 통제를 실시하였다. 자동차 충돌사고 데이터는 New Zealand Crash Analysis System (CAS)에서 추출하였으며, Gateway 개입이 충돌사고의 빈도와 심각도에 유의하게 영향을 미치는지 여부와 그 효과의 규모와 유의성이 게이트웨이 유형과 특징에 따라 다른지 여부를 결정하기 위해 통계분석을 실시하였다. 연구결과, Gateway 표지만 설치한 지점에서는 충돌 사고가 26%

감소되었고, 이 중 심각한 사고는 23% 감소하였다. Gateway 표지와 차로가 좁아지는 병목구간을 함께 설치한 지점은 충돌 사고가 35%, 이 중 심각한 사고가 41% 감소되었다.

Lantieri et al.(2015)는 Gateway 설치를 통한 사고율 감소를 평가했다. 15km의 도로를 따라 위치한 6개의 작은 마을 지역의 입구와 출구에 위치한 12개의 게이트웨이의 효과를 평가하였다. 속도 매개 변수 및 충돌 통계에 대한 전후 분석과 운전자의 안구 운동 분석을 통해 게이트웨이의 효과를 평가하였다. 안구운동분석을 위해 볼로냐 공과 대학의 15명 학생이 모집되었고, 러시아워를 피해 오전 10-12시, 오후 2-5시에 15km 도로를 왕복 운전하며 데이터를 수집하였다. 연구결과, Gateway 개입은 주행 차량의 속도를 감소시켜 도입 1년 후에 사고 건수는 절반으로 감소하고, 부상률도 61.1% 감소되었다. 이러한 결과는 교외지역에서 도시지역으로 도로가 전환되는 구간에서 Gateway가 운전자들이 도로를 인지적으로 재분류하도록 유도하는 역할을 하기 때문인 것으로 분석되었다.

Gateway 연구는 교외 지방도로 뿐만 아니라 도시 내에서도 이루어졌다. Bennett et al.(2014)은 기존 교통안전 표지와 비교하여 Gateway 형식의 교통안전 표지가 운전자의 양보행동에 있어서 더 효과적인지 조사하였다. 연구진은 교통기술자들이 사용하는 산식을 이용해 운전자가 교통신호에 안전하게 정차할 수 있었는지를 파악해 횡단보도에 있는 보행자를 위해 정차할 수 있었는지를 알아냈다. 이 산식은 운전자의 반응시간, 안전한 감속률, 제한 속도, 도로 등급 등을 고려하여 계산하였다. 보행자가 횡단보도를 진입할 때 딜레마존의 경계를 지나지 않은 운전자가 양보하는지 양보하지 않는지를 측정하였다. 모든 실험에 reversal design이 적용되었다. Trial에서는 연구자가 횡단보도에 한쪽 발을 놓고 차량을 향해 고개를 돌리면서 횡단 의사를 표시하였고, 연구보조원이 클립보드에 기록하였다. 각 회기는 20번의 trial (보행자 횡단)로 구성되었고, 데이터는 5-10월, 월-토, 오전 10시에서 오후 8시 사이에 수집되었고, 비오는 날은 수집하지 않았다. 연구는 총 세 번의 실험으로 이루어졌다. 첫 번째 실험은 두 지점에서 중앙 차선에 설치한 단일 표지와 양쪽 차선에 설치한 Gateway 형식의 표지의 효과성을 비교하는 것이었다. 결과는 두 곳 모두 단일 표지일 때보다 Gateway 표지일 때 보행자에 대한 운전자의 양보행동 비율이 높았다. 두 번째 실험은 PHB (pedestrian hybrid beacon)와 Gateway를 비교하는 것이었다. 결과는 PHB와 일반적인 안전표지 한 개를 함께 설치했을 때가 가장 효과적이었고, Gateway와 PHB는 비슷한 수준이었으나 Gateway가 약간 더 효과적인 것으로 나타났다. 세 번째 실험은 RRFB (rectangular rapid flashing beacon)과 Gateway의 효과를 비교하는 것이었다. 결과는 Gateway 단독 설치와 Gateway와 RRFB를 함께 설치했을 때 비슷한 효과가 나타났다. 연구결과를 종합하면, 설치 비용이 높은 PHB 및 RRFB와 Gateway간 효과성은 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 즉 교통안전 표지가 Gateway 형태로 존재할 때 운전자의 양보행동이 높은 비율로 나타났다. 이러한 결과는 Gateway의 비용-효과성을 시사한다.

추후 Gateway 개입의 효과성을 구체적으로 파악하기 위해 추가적인 연구가 진행되었다. Western Michigan University(2016)는 Gateway의 간격에 따른 운전자의 양보행동에 차이를 검증하기 위해 Gateway를 넓은 간격과 좁은 간격으로 설치한 결과, 좁은 간격일 때 양보행동 비율이 높은 것으로 나타났다. 또한 표지의 내용에 따른 양보행동의 차이를 분석한 결과, 교통안전에 대한 메시지가 있는 Gateway가 빈 표지로 구성된 Gateway 보다 유의미하게 큰 효과가 나타났다. 해당 연구에서 운전자는 정지선 이전의 딜레마존에서 속도를 낮추기 시작하는 것으로 밝혀졌다. 이러한 속도 감소는 운전자가 주행 중 보행자의 갑작스러운 출현에 빠르게 반응해야 하는 상황에서 성공적으로 대처할 수 있도록 하기 때문에 유의미한 결과이다.

Gateway에 대한 선행연구를 검토한 결과는 다음과 같다. 교외지역에서 진행된 연구는 도시를 안내하기 위한 Community gateway가 교통정온화에 미치는 영향을 조사하였고, 충돌사고 감소에 있어서 Gateway 구조와 다른 교통정온화 기법을 복합적으로 개입하는 것의 효과성을 검증한 연구가 있었다. 또한 도시 내에서 운전자의 보행자에 대한 양보행동을 증가시키기 위해 교통안전표지를 도로 내에 Gateway구조로 설치하여 다른 교통안전시설물과 비교 검증한 연구가 진행되었다. 대부분의 연구에서 Gateway는 교통정온화 및 교통안전에 효과적인 것으로 나타났다.

3. 본 연구의 차별성

선행 연구 검토 결과, 기존 어린이보호구역 내 교통안전 시설물은 비용에 따라 그 효과성이 결정된 것으로 나타났다. 낮은 비용이 요구되는 안전표지, 가상 과속방지턱은 속도 저감 효과가 미미했으며, 과속단속카메라, 과속방지턱 등 높은 비용의 교통안전시설물은 차량 감속에 효과적인 것으로 나타났다. 따라서 Gateway는 비용-효과(표지 및 지주의 주문 제작비용 약 110,000원)적이며 대안적인 개입으로 고려될 수 있다.

국외 Gateway 선행연구는 주로 교통정온화 및 보행자의 보행에 대한 양보행동 촉진의 목적으로 Gateway의 효과성을 검증했다. 그러나 본 연구는 사고발생 및 사고의 치명도에 가장 크게 영향을 미치는 차량 운행속도 변화와 규정속도 준수 여부에서의 효과를 분석하였다. 또한, 본 연구는 교통안전의 요구가 높은 어린이보호구역에서 실시되었다는 점이 차별적이다. 본 연구에서 사용된 Gateway는 미국의 표준 교통통제 설비 매뉴얼인 MUTCD (Manual on Uniform Traffic Control Devices)에서 도로 내 표지로 규정하는 R1-6 표지를 한국형으로 변환하여 실험환경에 맞게 제작하였다(Figure 1).

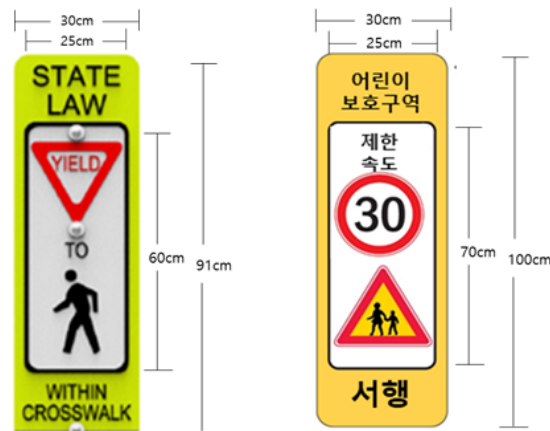


Figure 1. Types of gateway

연구설계

1. 연구 내용 및 절차

본 연구는 어린이보호구역에서 Gateway의 주행차량 속도 감소 및 규정속도 준수에 대한 효과를 검증하는 연구이다. 안전보건공단이 지정한 교통사고 위험이 높은 서울시 동작구 소재 초등학교 인근 어린이보호구역 중 한곳을 실험장소로 선정하였으며, 실험 구간에 설치된 차량속도 저감시설 중 과속위반 단속장비, 과속방지턱 그리고 일시적으로 속도 측정에 큰 영향을 미칠 수 있는 시설물(공사 및 주변시설 개보수로 인한 도로통제, 임시우회표지판) 등이 없고 일반적인 통합표지와 적색포장만 존재하는 초등학교 정문 50m 이내 어린이보호구역에서 실시하였다. 본 연구의 참가자는 평일 12:00-15:00 중 어린이보호구역의 이 구간을 통과하는 불특정 다수의 운전자들이었으며, 총 10주간 3,378대의 차량 속도가 측정되었다. 본 연구의 설계는 ABAB follow-up design이 채택되었으며, 구체적으로 기저선-Gateway 개입-기저선-Gateway 개입-철회효과(reversal effect)확인 순으로 진행되었다.

2. 실험 장소 및 수행 방법

본 연구의 실험장소는 동작구 소재 초등학교 앞 어린이 보호구역으로 지정된 제한속도 30km/h의 왕복 이차로 도로로 선정되었다. 실험장소 주변은 동작구 소재 초등학교를 비롯하여 인근에 다른 초등학교와 중학교, 어린이집도

함께 있었으며, 도로에는 어린이 보호구역임을 알리는 표지판이 약 50미터 간격으로 도로 양 끝에 배치되어 있었다 (Figure 2). 데이터 수집은 해당 초등학교 정문으로부터 약 50m 떨어진 맞은편 도로에서 진행되었다. 데이터 수집 지점에서 관찰자는 속도 측정기를 이용하여 이로부터 50m 더 떨어진 곳의 횡단보도에 차량이 진입하는 순간 속도를 측정하였다. 해당 도로는 4-5°의 경사각이 있는 내리막길이었으며, 차량의 가장 앞부분이 정지선을 통과하는 시점을 기준으로 데이터가 수집되었다(Figure 2). 측정지점으로부터 전후 75m 떨어진 곳에 마을버스 정류장이 있었고, 보행자 통행량은 많지 않으나, 보행자 중 어린이 비율이 상대적으로 높은 구역이었다.

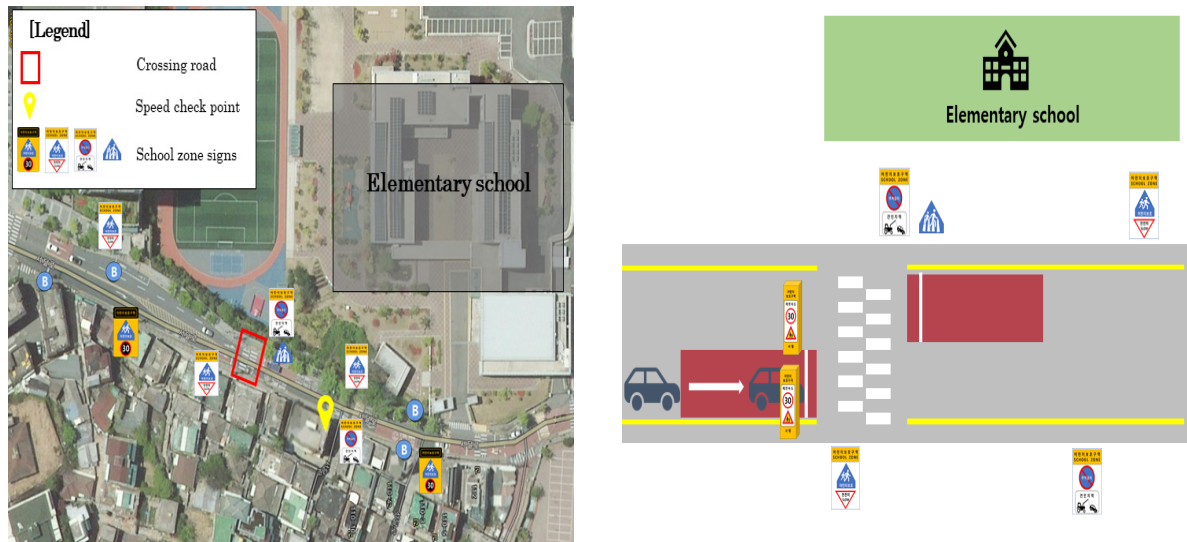


Figure 2. Experimental setting

본 연구의 독립변인은 이차 도로의 차선에 설치한 Gateway (관문형안전표지)였다. 본 연구에서 사용된 Gateway의 규격은 전체 틀이 가로 300mm, 세로 1,000mm, 폭 70mm였으며, 교통안전에 대한 내용이 포함된 표지가 부착된 면은 가로 250mm, 세로 700mm로 미 R1-6 표지와 유사하게 맞춤 제작하였다.

종속변수는 주행차량 순간 속도(km/h)의 평균과 제한 속도 준수율이었다. 모든 관찰 차량 속도 측정지점은 횡단보도 정지선 진입 직전이었으며, 스피드건(Bushnell 101911, 오차범위 $\pm 1-2$ km/h)를 통해 측정되었다. 연구진은 측정 시 측정의 타당성과 신뢰성을 확보하기 위해 측정기준을 마련하였다. 운전자들이 속도 측정 여부를 확인하는 경우 의도적인 감속을 할 수 있어 실험진행자는 운전자가 위치를 확인 할 수 없는 특정 지점에서 측정하였다. 측정 시 연속된 차량의 간격이 짧아 교통량에 의해 속도가 현저히 감속되는 경우, 도로교통신호체계에 의해 정지를 염두한 주행차량, 실험현장 주변 갓길에 임시주차 차량이 있는 경우는 측정의 타당성을 위해 제외되었다. 또한, 본 연구의 측정 지점 내 있는 정거장 간 거리는 200m였다. 따라서, 이 정거장에 정차하는 마을버스도 측정에서 제외하였다. 그리고 인근 공사현장을 오가는 대형 화물차(5톤 이상)는 공사현장 앞에 세륜 설비에서 대기한 후 저속 출발하는 경우가 잦아 측정에서 제외하였다. 그 밖에도 차량이 연속해서 오는 경우는 첫 번째 차량 이후의 차량은 Gateway에 의해 영향을 받을 가능성이 낮은 것으로 판단하여 첫 번째 차량만 측정하였다. 또한, 폭염주의보 및 경보 발령 상황, 우천 시와 같은 기상악화조건에서는 연구진의 안전문제가 야기될 수 있어 측정하지 않았다.

분석결과

수집된 자료의 추이와 실험조건 별 차이를 살펴보기 위해, 일일 수집된 자료(일일 평균 91.3대 측정)를 1개의 자료점으로 하여 그래프로 표기하고 자료점 마다 측정의 신뢰도 확인 및 개입 이후 변화의 신뢰도를 확인하기 위한 오

차막대(Confidence intervals, 95%)를 삽입하여 Figure 3에 제시하였다. 단, 우천 및 주변공사 상황이 자료의 신뢰도에 영향을 미칠 것으로 판단하여 우천 시 그리고 20m 이내 주변 임시 공사 시에 실험 및 측정을 하지 않았으며 이를 빈 자료점으로 표기하였다. 속도 변화의 추이와 Gateway 도입 이후 변화를 살펴보면 Gateway 조건이 기저선 조건보다 평균 속도가 낮은 것으로 나타났으며, 기저선-Gateway 도입 간 오차막대의 범위도 겹치는 부분(overlap)이 없었다.

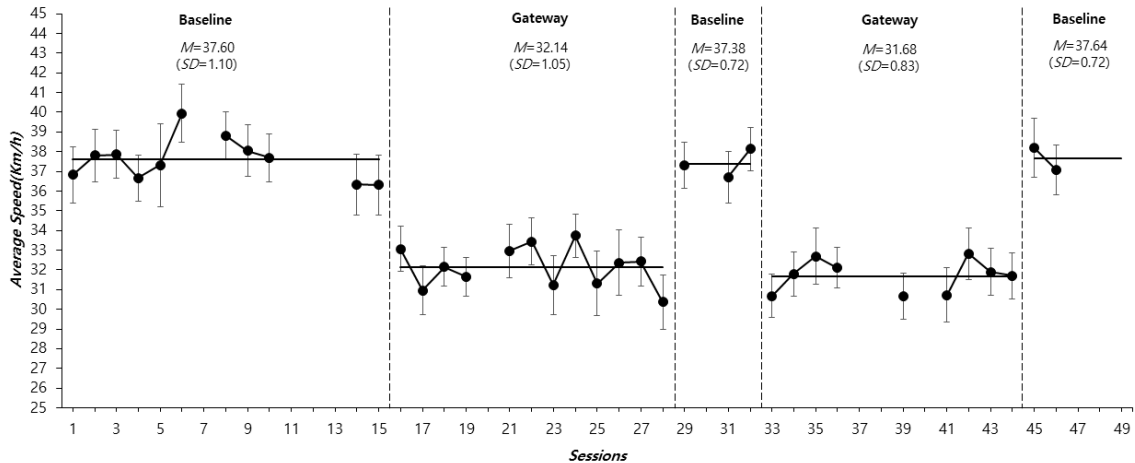


Figure 3. Trend of speed

구체적인 기저선(Baseline) 조건과 Gateway를 설치한 조건의 평균속도 및 표준편차를 Table 1에 제시하였다. 10주간 총 3,378대의 주행차량이 측정되었으며, 기저선 조건에서 1,430대가 측정되었고 Gateway 조건에서 1,948대의 주행차량 평균속도가 측정되었다. 측정된 주행차량 평균속도는 기저선 조건에서 37.60km/h ($SD=6.46$), Gateway 조건에서 31.97km/h ($SD=6.10$)로 나타났다. 기저선 조건보다 Gateway를 설치한 조건에서 평균 속도가 5.63km/h 낮았다.

Table 1. Means and standard deviations of speed

Variable	Conditions	M (SD)	N
Average speed (km/h)	Baseline	37.60(6.46)	1,430
	Intervention (gateway)	31.97(6.10)	1,948
	Total	34.35(6.84)	3,378

기저선 조건과 Gateway 조건의 평균속도 차이가 통계적으로 유의미한지 검증하기 위하여 가설을 설정하였다. 귀무가설(H_0)은 기저선 조건과 Gateway 조건 간 차량속도의 차이가 없다($\mu_1 = \mu_2$)는 것이고, 대립가설(H_1)은 기저선 Gateway 조건 간 차량속도의 유의미한 차이가 있다($\mu_1 \neq \mu_2$)는 것이다. 가설을 검증하기 위해 통계분석 프로그램 SPSS 25.0을 활용하였다. 자료가 수집된 어린이보호구역 특정 구간을 통과하는 차량이 매일 혹은 관찰 시점마다 같은 차량이 아니며, 독립적이라는 가정 하에 대응표본 t-검정이 아닌 독립표본 t-검정(independent variable t-test)을 실시하였다(Table 2). 가설검정의 통계량은 Equation 1과 같다.

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s_p / \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \sim t_{n_1+n_2-2} \tag{1}$$

독립표본 t-검정 결과, 유의수준 .01 이하에서 귀무가설을 기각한다. 이는 어린이보호구역에서 기저선과 Gateway 조건의 주행 차량 속도 차이가 통계적으로 유의미한 것을 의미한다. 즉, Gateway 조건이 기저선 조건에 비해 주행 차량 속도를 효과적으로 감소시켰다.

Table 2. Results of independent sample t-test

Variable	t-test for equality of means						
	t	df	p-value (2-tailed)	Mean difference	Std. error difference	95% confidence interval of the difference	
						Lower	Upper
Average speed (km/h)	25.81	3,376	.000	5.62	.21	5.20	6.05

다음으로 기저선 조건과 Gateway 조건에서 각 규정 속도 준수율의 평균을 Table 2에 제시하였다.

Table 3. Means of regulatory speed compliance rate

Variable	Conditions	M	N
Regulatory speed compliance rate (%)	Baseline	13.3%	1,430
	Intervention (gateway)	44.8%	1,948
	Total	31.5%	3,378

동작구 소재 초등학교 어린이보호구역에서 측정된 각 조건의 규정속도 준수율 Table 3에 제시하였다. 기저선 조건의 평균 준수율은 13.3%이었고 Gateway 조건에서 규정 속도 준수율은 44.8%로 기저선 조건과 31.5% 차이가 났다.

Table 4. χ^2 -test of experimental conditions for regulatory speed compliance rate

Variable	χ^2	df	phi
Regulatory speed compliance rate (%)	380.1	1	.335

마찬가지로, 실험 조건 간 규정 속도 준수율에 대한 차이를 통계적으로 검증하기 위해 가설을 설정하였다. 귀무가설(H_0)은 기저선 조건과 Gateway 조건 간 규정 속도 준수율의 차이가 없다($\mu_1 = \mu_2$)는 것이고, 대립가설(H_1)은 기저선 조건과 Gateway 조건 간 규정 속도 준수율의 차이가 있다($\mu_1 \neq \mu_2$)는 것이다. 가설을 검증하기 위해 χ^2 검증(chi-square goodness-of-fit test)을 실시하였고, 가설검정의 통계량은 Equation 2와 같으며 분석 결과를 Table 4에 제시하였다.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \sim \chi_{i-1}^2 \quad (2)$$

검증 결과, 유의수준 .01 이하에서 귀무가설을 기각한다. 이는 어린이보호구역에서 기저선과 Gateway 조건의 주행 차량 속도 준수율의 차이가 통계적으로 유의미한 것을 의미한다. 즉, Gateway 조건은 기저선 조건에 비해 유의미하게 준수율을 향상시켰다. 또한, 효과크기를 분석한 결과 Gateway는 중간 이상의 효과크기를 갖는 것으로 나타났다(Cramer's $V=.335$).

논의 및 결론

본 연구의 목적은 Gateway가 어린이보호구역에서 주행차량 속도와 규정속도 준수 여부에 미치는 영향을 검증하는 것이다. 분석 결과, Gateway 형태의 교통안전 시설물이 주행차량 속도 감소와 규정속도 준수에 영향을 미친다는 것이 검증되었다.

어린이보호구역에서 교통안전시설물의 효과를 검증한 선행연구에 따르면, 처벌적인 요소를 포함하고 있지 않은 시설물들의 효과는 미미하거나 혼재되어 있는 것으로 나타났다(Song and Lee, 2005; Lee, 2006; Lee and Kim, 2008; Park and Kim, 2010; Lee et al., 2012). 이와 같은 시설물들이 효과적이지 못했던 이유와 처벌적인 요소를 포함하고 있는 시설물들이 효과적이었던 이유는 인적행위의 한 분야인 행동과학으로 설명 될 수 있다.

행동과학에서는 특정 행동의 발생 및 유지를 환경적 선행자극, 행동 그리고 결과간의 상호작용으로 설명한다(Daniels and Bailey, 2014). 구체적으로, 행동이 발생하고 유지되기 전에 특정 자극의 제시(e.g., 안전표지 혹은 과속방지턱)가 행동(e.g., 속도유지 혹은 속도감소)을 유발하고 행동이 발생한 후 발생된 행동에 대한 결과(e.g., 아무런 영향을 받지 않거나 충격)가 미래의 행동(e.g., 속도유지 혹은 속도감소)에 다시 영향을 주는 것으로 행동을 설명한다. 이를 교통상황에 대입해보면 운전자가 안전표지를 인지하고 속도를 유지했을 때 아무런 결과를 받지 않아 속도를 미래에도 유지하거나 운전자가 과속방지턱을 인지하고 속도를 유지했을 때 충격을 받아 미래에 감속하는 것으로 설명될 수 있다. 또 다른 이유는 어린이보호구역에 이미 존재하고 있는 교통안전시설물 및 환경적 자극에 의한 지시를 무시해도 아무런 영향을 받지 않고 환경적 자극으로서의 가시성(salience)이 감소하여 운전자가 이를 휴리스틱(heuristic)으로 처리하여 무시하기 때문으로 볼 수 있다. 본 연구 실험환경에서 종속변수 측정 지점 기준 전후방 100M 이내 8개의 안전표지가 존재하였지만 Gateway 설치 전 평균속도가 37.60km/h, 규정속도 준수율이 13.3%로 나타났다. 따라서 본 연구에서도 안전표지는 충분한 속도 저감 효과를 갖지 못한 것으로 판단된다. Gateway 방식의 개입은 Gateway 설치 전에 비해 주행차량의 속도를 5.6km/h 감소시켰고, 규정속도 준수율을 31.5% 증가시켰다. 규정속도 준수율에 비해 속도 감소는 크지 않았지만, 준수율이 큰 폭으로 증가한 것으로 미루어보아 Gateway는 교통정온화에 기여하면서 교통안전을 향상시킨 것으로 판단된다.

Gateway가 주행차량 속도 감소에 차별적인 효과를 가진 이유는 운전자들이 도로 내 설치된 Gateway를 멀리서 보게 되면 도로상에 있는 하나의 장애물처럼 보이고, Gateway에 접근할수록 도로가 지각적으로 좁게 느껴지게 함으로서 운전자들의 주의를 촉진하여 효과적으로 감속을 유도할 수 있었기 때문이다(Bennett et al., 2014). 인지·행동과학에 따르면 인간의 행동이 나타나기 전 그 행동을 유발하는 감각적 자극이 존재하며, 지각에 의해 자극의 의미를 결정·해석하여 반응을 선택한다. 이후 반응 실행(행동)이 발생하고, 반응 실행으로 나타나는 환경적 변화에 따라 미래에 비슷한 상황에서 자극을 받아들이는 방식이 달라진다. 본 연구에서 사용된 Gateway는 기존 도로환경에서 볼 수 없었던 새로운 자극이기 때문에 운전자가 자극의 의미를 결정·해석하는데 지각적 부하(perceived load)를 경험하여 이에 대응하기 위해 일시적으로 속도를 감소시켰을 가능성이 있다. 인간은 3차원 공간에서 대상들과의 거리 또는 공간 속에서 자신의 속도를 판단하기 위해 사물들이 시간에 따라 어떻게 변화하는 지를 알려주는 단서(cues)들이 요구된다(Lee, 2005). 교통 상황에서 일반적인 직선도로를 주행할 때 전방에 주의를 환기시킬 목표물이 존재하지 않으면 운전자에게 피로와 주의력 산만을 유도하기 쉬우며, 그곳을 빠져나가려고 과도한 속도를 내기 쉽다(The Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2013). 하지만, 본 연구에서 사용된 Gateway는 전방 주의를 환기함으로써 감속에 대한 메시지가 더욱 효과적으로 전달되었을 수 있다. 또한, 일반적인 안전표지와 달리 도로 내에 물리적 장애물의 형태로 설치되어 있어 운전자가 이를 무시하기 어려우며(Bennett et al., 2014), 운전자가 이를 무시하는 경우 충돌이 야기된다고 지각할 수 있다.

더불어, 도로 내 위치한 Gateway는 보행자 안전에도 잠재적인 이점을 갖는다. 어린이보호구역에서 운전자가 어린이의 키가 차량의 높이보다 낮아 어린이를 발견하지 못하는 경우가 잦고, 어린이가 무단횡단을 하거나 횡단보도에서 갑자기 뛰어 나가는 경우 적절한 대처를 하지 못해 사고가 발생한다(Lee and Lee, 2014). Gateway는 보행자들이 인지하기 어려운 높은 위치에 있는 안전표지와 달리 도로상에 존재하여 보행자의 가시성 확보에 보다 효과적인 개입이 될 수 있다.

하지만 본 연구결과를 일반화하는데 있어 고려해야한 몇몇 제한점이 있다. 첫째, 본 연구에서 실험 장소가 2차로라는 점이다. 2차로는 상대적으로 운전자들의 인지부하가 낮아 Gateway에 더 많은 주의를 기울였을 수 있다(Reimer et al., 2013). 둘째, Gateway로 인한 속도 감소 효과 이외 교통정온화 및 운전자의 안전에 대한 고려가 이


루어지지 못했다. 잠재적으로 도로 위에 존재하는 시설물은 차량의 흐름을 방해하거나 충돌로 인한 안전사고가 야기될 수 있다. 셋째, Gateway도 강제적 제어방식의 개입과 같이 효과가 일시적일 수 있다. 운전자들은 Gateway 통과 전 일시적으로 감속을 하고 통과한 직후 운전자들은 속도를 높일 수 있다. 그러나 Gateway는 도로 내에 존재하는 다른 시설물(차선규제봉 등)과 다르게 안전에 대한 메시지를 포함하고 있기 때문에 운전자들의 안전의식에 영향을 미쳐 장기적인 효과를 기대할 수 있다. 넷째, 안전문제를 우려하여 폭염 그리고 우천과 같은 기상악화 조건에서 실험이 진행되지 않았다.

이와 같은 제한점에도 불구하고, Gateway는 기존 어린이보호구역 내 교통안전시설물에 비해 비용-효과적이며 주행차량 속도 감소뿐만 아니라 보행자의 시인성 확보에도 기여할 수 있는 대안적인 시설물로써 의의를 갖는다. 또한, Gateway가 인간공학적 그리고 행동과학적 맥락에서 설계되고 개발되었다는 점에서 차별성을 갖는다. 그러나 본 연구는 비용-효과 분석을 포함하고 있지 않다. Gateway 관련 선행연구에서도 Gateway 개입에 대해 저비용의 개입이라고 소개하지만, 비용효과 분석을 실시해 경제성을 평가한 연구는 없었다. 향후 연구에서는 차로수 뿐만 아니라, 스쿨존 주변의 특성이 반영된 다양한 상황조건 하에 연구가 수행되어야 하며, 한 곳에서만 아니라 중다 기저선 설계(Multiple baseline design)와 같은 방법을 도입하여 조사지점 확대를 통한 일반화가 요구된다. 또한, 불법주정차 여부, 출근 시간 및 학원차량 집중시간 등 다양한 조사 시간을 고려하여 연구가 수행되어야 할 필요가 있다. 더불어, 운전자 지각 및 태도에 대한 조사를 통해 스쿨존 안전의식에 대한 인지수준이 Gateway 개입에 미치는 영향도 이루어져야 할 것으로 판단된다. 즉, 다양한 기상상황 및 도로 상황에서 Gateway의 효과를 반복 검증해 볼 필요가 있으며, 보행자뿐만 아니라 운전자의 맥락에서 Gateway의 안전성을 평가해야 할 필요가 있는 것으로 판단된다.


Funding

This work was supported by the National Research Foundation of Korea grant funded by the Korea Government (NRF-2018R1D1A1B07046417).

ORCID

LIM, Sungjun  <http://orcid.org/0000-0002-1562-062X>

CHOI, Jihan  <http://orcid.org/0000-0002-6872-879X>

OAH, Shezeen  <http://orcid.org/0000-0002-2118-641X>

References

- Bennett M. K., Manal H., Van Houten R. (2014), A Comparison of Gateway in-street Sign Configuration to Other Driver Prompts to Increase Yielding to Pedestrians at Crosswalks, *Journal of Applied Behavior Analysis*, 47(1), 3-15.
- Daniels A. C., Bailey J. S. (2014), *Performance Management: Changing Behavior That Drives Organizational Effectiveness*, Aubrey Daniels International(Atlanta, GA).
- European Transport Safety Council (1995), *Reducing Traffic Injuries Resulting from Alcohol Impairment*, 1-34.
- Iowa State University (2007), *Evaluation of Gateway and Low-cost Traffic-calming Treatments for Major Routes in Small Rural Communities*, 7-30.
- Korea Consumer Agency (2017), *School Zone Safety Survey (어린이보호구역 안전실태조사)*, 1-38.
- Korean National Police Agency (2019), *School Zone Annual Report*, 2019.07.16.

- Korean Road Traffic Authority (2015), Study on the Effects of Traffic Safety Facilities on Speed Management (교통안전시설이 속도관리에 미치는 영향 연구), 38-62.
- Korean Road Traffic Authority (2019), Comparison of Traffic Accidents in OECD Countries (2018년판 OECD 회원국 교통사고 비교), 56-58.
- Korean Transportation Safety Authority (2018), Reducing Vehicle Speeds Improves Pedestrian Safety, Press Release, 2018.4.2.
- Lantieri C., Lamperti R., Simone A., Costa M., Vignali V., Sangiorgi C., Dondi G. (2015), Gateway Design Assessment in the Transition from High to Low Speed Areas, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 34, 41-53.
- Lee H. W., Joo D. H., Hyun C. S., Kim D. H., Park B. H., Lee C. K. (2012), An Analysis of Effects of Travel Speed Using the Safety Facilities in the School Zones, *J. Korea Inst. Intell. Transp. Syst.*, 11(3), 124-132.
- Lee J. (2005), Perspective of Engineering Psychology on Traffic Safety, *KJCBP*, 17(3), 279-297.
- Lee K. J., Kim G. S. (2008), A Study on DFS Beneficial for Reduction on Speed and Traffic Accidents (based on school zones in Buchon city), *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, 8(4), 31-38.
- Lee S. (2006), Assessment of Long-Term Effectiveness of Speed Monitoring Displays on Speed Variation, *Korean Soc. Saf.*, 21(3), 107-112.
- Lee S. Y., Lee J. S. (2014), Neighborhood Environmental Factors Affecting Child and Old Adult Pedestrian Accident, *Journal of The Urban Design Institute of Korea*, 15(6), 5-11.
- Makwasha T., Turner B. (2013), Evaluating the Use of Rural-urban Gateway Treatments in New Zealand, *Journal of the Australasian College of Road Safety*, 24(4), 14.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2006), Speed Management Summary Document: European Conference of Ministers of Transport/OECD Joint Transport Research Centre, 1-20.
- Park J. Y., Kim D. G. (2010), The Characteristics of Vehicle Speed Violation in School Zones, *J. Highw. Eng.*, 12(2), 1-7.
- Quimby A., Maycock G., Palmer C., Buttress S. (1999), The Factors that Influence a Driver's Choice of Speed—a Questionnaire Study, *Transport Research Laboratory*(Crowthorne, England).
- Reimer B., Donmez B., Lavallière M., Mehler B., Coughlin J. F., Teasdale N. (2013), Impact of Age and Cognitive Demand on Lane Choice and Changing under Actual Highway Conditions, *Accident Analysis & Prevention*, 52, 125-132.
- Rosen E., Stigson H., Sander U. (2011), Literature Review of Pedestrian Fatality Risk as a Function of Car Impact Speed, *Accid. Anal. Prev.*, 43(1), 25-33.
- Seo Y. H., Hong K. S., Kho S. Y., Yoon S. (2019), Effectiveness of Flashing Speed Limit Sign on the Driving Speed in School Zones, *J. Korean Soc. Transp.*, 37(3), Korean Society of Transportation, 254-265.
- Song K. U., Lee E. E. (2005), An Evaluation of Speed Monitoring Display about Reducing Traffic Speed, *J. Korea Inst. Intell. Transp. Syst.*, 4(1), 97-106.
- The Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2013), Explanation of the Rules on the Structural Facilities, 343.
- Western Michigan University (2016), Evaluation of R1-6 Gateway Treatment Alternatives for Pedestrian Crossings, 18-26.
- Ye Z., Veneziano D., Lord D. (2011), Safety Impact of Gateway Monuments, *Accident Analysis & Prevention*, 43(1), 290-300.