

스쿨존에서 VMS의 메시지 제시유형이 주행차량속도 감소에 미치는 영향

The Effect of VMS Message Presentation Type on the Speed Reduction of Driving Vehicle in School Zone

임성준* · 이지동** · 박한규** · 이계훈*** · 문광수**** · 오세진*****

* 주저자 : 중앙대학교 심리학과 박사과정
 ** 공저자 : 중앙대학교 심리학과 석사과정
 *** 공저자 : 중앙대학교 심리서비스 대학원 겸임교수
 **** 공저자 : 중앙대학교 심리학과 조교수
 ***** 교신저자 : 중앙대학교 심리학과 교수

Sung Jun Lim* · Ji Dong Lee** · Han Kyu Park** ·

Kee Hoon Lee*** · Kwang Su Moon**** · She Zeen Oah*****

* Dept. of Psychology., Univ. of Chung-Ang
 ** Dept. of Psychology., Univ. of Chung-Ang
 *** Graduate School of Psychological Service., Univ. of Chung-Ang
 **** Dept. of Psychology., Univ. of Chung-Ang
 ***** Dept. of Psychology., Univ. of Chung-Ang
 † Corresponding author : She Zeen Oah, shezeen@cau.ac.kr

Vol.17 No.1(2018)

February, 2018

pp.89~99

ISSN 1738-0774(Print)

ISSN 2384-1729(On-line)

<https://doi.org/10.12815/kits.2018.17.1.89>

2018.17.1.89

Received 11 November 2017

Revised 18 December 2017

Accepted 22 January 2018

© 2018. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

요약

대한민국에서 어린이 교통사고 발생 건수는 2014년 이후로 증가하고 있으며 이에 대한 안전대책이 시급한 실정이다. 대부분 스쿨존에서 어린이 교통사고 예방을 위해 안전표지 등을 설치 및 운용하고 있다. 하지만 그 효과성은 미미하여 대안으로 ITS의 구성요소 중 하나인 VMS가 대두되고 있다. 이에 본 연구는 상이한 VMS 메시지 제시 유형이 주행차량 속도에 미치는 효과를 비교 검증하였다. 실험은 서울 소재 2곳의 스쿨존에서 진행되었으며 총 6,676 대의 차량의 속도가 측정되었으며 역균형 ABC 다중기저선 설계가 적용되었다. 연구 결과, 두 메시지 유형 모두 주행차량속도 감소에 효과적이었다. 구체적으로, 운전자들에게 적시적으로 제공되는 메시지가 상시적으로 제공되는 메시지보다 주행차량 감속 및 속도 준수에 효과적인 것으로 나타났다. 본 연구 결과를 바탕으로 인적요인을 고려한 VMS 운용방안 및 설계에 대해 모색해 볼 수 있을 것이다.

핵심어 : 스쿨존, 가변전광표지, 적시적 메시지, 상시적 메시지, 주행차량속도

ABSTRACT

The number of traffic accidents in Korea has been increasing since 2014. In most school zones, safety signs are installed to prevent children's traffic accidents. However, it has been known that the effects of those signs are not significant. A variable message sign(VMS), one of the components of Intelligent Transport System(ITS), has emerged as an alternative method. Therefore, this study examines relative effects of two different VMS messages(Timely vs. Continuous) on vehicle speed. Experiments were conducted in two school zones. 6,676 vehicles were measured for

speed limit compliance. A counterbalanced multiple baseline design was adopted. The results showed that both types of message are effective in reducing the speed of vehicle. Specifically, A timely message was more effective in slowing down vehicle speed and improving speed limit compliance than a continuous message. The present study suggested that a VMS with human factors can be effective.

Key words : School zone, VMS, Timely message, Continuous message, Vehicle speed

I. 서론

대한민국의 어린이 교통사고 발생 건수는 2014년 이래로 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있다. 특히 어린이 보호구역 내 교통사고 사망자수가 큰 폭으로 증가하고 있으며, 보행 중 사망 어린이 수는 OECD 회원국 중 여섯 번째로 높다(Korean Road Traffic Authority, 2016). 어린이 보호구역에서 발생한 교통사고를 분석한 결과, 교통사고의 주요원인은 운전자들의 ‘안전운전 의무 불이행’이 24.4%로 큰 비중을 차지하는 것으로 밝혀졌다(Korean National Police Agency, 2016). Korea Consumer Agency(2017)의 어린이 보호구역 실태조사에서 조사 구역의 38.7%가 규정 속도위반으로 사고가 발생했다고 보고하였다. 국외 교통안전 연구와 보고서 또한 운전자의 규정 속도 미준수가 교통사고의 주요 원인이라고 보고하고 있으며(Pilkington and Kinra, 2005; WHO, 2004), 운전자의 규정 속도 준수만으로도 교통사고가 크게 감소할 수 있다는 것이 밝혀졌다(Taylor et al., 2000). 따라서, 어린이 보호구역 내 운전자들의 규정 속도 준수에 대한 안전대책이 시급한 실정이다.

교통사고 감소와 교통안전 문화의 개선을 위해 중앙 정부와 각 지자체들은 다양한 정책적 노력과 자원을 투입하고 있다. 그 일환으로 지능형 교통체계(ITS: Intelligent Transport System)가 보편화되고 있다. ITS의 구성요소 중 하나인 가변전광표지(VMS: Variable Message Sign)는 도로상황, 도로 주행 시 준수사항, 위험표시 등 교통정보를 제공하는 매체로 정의된다. VMS가 널리 사용되는 이유는 LED를 사용하여 일반 안전표지에 비해 시인성, 발광효율, 친환경성이 높을 뿐만 아니라 별도의 조작 및 운영을 필요로 하지 않아 다른 방안에 비해 비용 편익이 높기 때문이다(Lee and Cho, 2015).

VMS 관련 연구들은 주로 공학적 측면에서 이루어졌다. 그러나 공학적으로 안전하게 설계된 환경을 조성하더라도 실제 상황에서 사람들이 이를 무시한다면, VMS의 효과는 저조할 수 있다(Penmetsa and Pulugurtha, 2016). 즉, 인적 요인에 대한 이해가 결여된 VMS 설계는 운전자의 행동을 효과적으로 변화시키기 어렵다. 효과적인 VMS 설계를 위해서는 인적 요인에 대한 이해를 바탕으로 공학적, 인적 측면을 모두 고려한 인간공학 접근법이 요구된다.

인간공학적 접근법 중 하나인 응용행동분석(Applied Behavior Analysis)에서는 특정 행동의 발생과 유지를 ABC 모델로 설명한다. ABC 모델은 환경적 자극(A: Antecedent), 행동(B: Behavior)과 행동의 결과(C: Consequence) 간의 상호작용으로 행동이 발생하며 유지된다고 설명한다(Daniels and Bailey, 2014). 즉, 특정 자극 제시가 행동을 유발하고 행동이 발생한 후 그 행동으로 인한 결과가 미래의 행동에 영향을 다시 영향을 미친다. 응용행동분석에서는 환경적 자극, 행동의 결과에 대한 개입을 통해 행동을 변화시킬 수 있다고 설명한다. 교통상황에서는 운전자의 행동에 영향을 미치기 위해 특정 운전자의 행동 결과에 대한 개입보다 교통 표지, VMS 등을 활용하는 환경적 자극에 대한 개입이 일반적이다.

환경적 자극이란 행동 수행 이전이나 수행 중에 주어지는 시각적, 언어적, 청각적 정보 등의 형태로 제공되는 자극을 일컫는다. Geller(2016)는 효과적인 환경적 자극의 특성으로 눈에 잘 띄는 현저성, 메시지 변화를

통한 다양성, 메시지의 구체성과 자극 출현의 적시성(timeliness)을 제안하였다. 특히 안전이 중요한 어린이 보호구역에서는 효과적인 환경적 자극이 필요하다. 그러나 기존 어린이 보호구역 내에는 수많은 안전표지와 같은 환경적 자극들로 인해 시인성이 감소하여(Edquist et al., 2009), 안전표지의 효과성이 상대적으로 떨어지는 것으로 나타났다(Gyeongnam development institute 2015; Jang et al., 2010). 현재 교통상황에서 제공되는 메시지의 형태는 대부분이 상시적으로 메시지가 제공되는 일반표지 형태로 이루어져있다. 이에 본 연구는 자극 출현의 적시성에 중점을 두어, 적시적/상시적 VMS제시 유형별 주행차량 속도감소 효과를 알아보는 것을 목적으로 하였다.

II. 기존연구고찰

Huybers et al.(2004)는 운전자의 보행자 양보 행동을 증가시키기 위해 “Yield here to pedestrians” 표지판과 개선된 도로 표지를 처치했다. 연구 결과, 표지판 하나만으로도 보행자와 자동차의 충돌을 줄일 뿐만 아니라 운전자가 보행자에게 양보하는 거리도 증가시켰다. Houten et al.(1987)의 연구는 60km/h, 65km/h, 70km/h 속도 제한 구역에서 글자로 된 전광 표지(‘Begin Slowing Here’)가 차량 속도 감소에 효과적인 것을 확인했다. Ellis et al.(2007)는 운전자들이 횡단보도 보행자에게 양보하는 행동을 증가시키기 위해 도로 내 중앙선에 표지판을 설치한 결과, 실험을 실시한 모든 구역에서 운전자의 보행자 양보 행동이 증가하였다. 이와 같은 선행연구들은 안전표지가 운전자들의 ‘안전 운전’에 효과적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다.

그러나 안전표지의 효과성은 상황에 따라 제한될 수 있다. 몇몇 운전자들은 어린이 보호구역을 그저 명목적인 구역으로만 생각해서 어린이 보호구역에 위치한 속도 제한 표지 혹은 안전 운전을 유도하는 장치들에 주의를 기울이지 않는다(Lee et al., 2006). 어린이 보호구역은 가로수, 가로등 전신주, 도로환경의 복잡성 그리고 수많은 교통표지 등으로 인해 시인성이 떨어지는 경우가 존재한다(Park, 2013; Park et al., 2009). 이로 인해 Ministry of Public Safety and Security(2016)는 보행자의 횡단안전성을 위해 운전자와 보행자의 시인성 확보를 의무로 규정하고 있다.

이러한 상황에서 VMS가 대안이 될 수 있다. Lee et al.(2008)은 시뮬레이션 상황에서 VMS의 속도 감소 효과를 검증했다. 세 가지 유형(“Speed Limit Reductions Next 3 Miles,” “Caution: Speed Limit Reduction Strictly Enforced,” “Speed Limit Reduced High Accident Risk.)의 VMS 메시지를 운전자에게 제공한 결과, VMS는 속도를 줄이는데 효과적이었다. Lee and Cho(2015)은 실제 도로에서 VMS를 통한 “안전운행”, “커브 주의”와 같은 교통정보를 제공하는 경우, 1차선, 2차선에서의 평균 통행속도가 감소하고, 운전자들이 차로의 중심을 기준으로 통행하는 등 운전자의 안전 운전 행동이 향상되었다. Hyun et al.(2012)는 선행 연구 분석을 통해 VMS의 시인성에 영향을 미치는 특성을 메시지 줄 수, 글자 색상, 메시지 전환방법 등으로 구분했으며, 이러한 특성들이 시인성에 영향을 미치는 것으로 확인했다. Jung and Lee(2013)는 고속국도, 도시국도, 일반국도의 7개 VMS에 대해 반복 주행 실험을 한 결과, 표시면당 정보 수는 최대 4개, 두 줄 표현시 한 줄당 2개의 정보, 줄당 10문자가 적절하다는 것을 확인했다. Kum et al.(2005)는 VMS 표출방식(점멸형, 스크롤, 고정식)간의 현저성, 판독성, 이해성 차이를 3D 시뮬레이션 상황에서 실험한 결과, 점멸형 방식의 현저성과 이해성이 다른 방식들보다 더 높았을 뿐 아니라 판독시간도 짧았다. Lai(2010)는 VMS 표출 메시지 길이에 따른 메시지 반응 속도를 검증했다. 연구 결과 하나 또는 세 줄의 메시지보다 두 줄의 메시지에 더 빠르게 피험자들이 빠르게 반응하는 것으로 나타났다. 이와 같이 VMS에 관한 연구는 주로 공학적 측면에서 이루어졌다.

어린이 보호구역에서 수행된 연구를 살펴보면, Transport and Main Roads(2014)에서는 39개소를 대상으로 점멸형 속도제한 신호등의 효과를 설치 이전과 이후로 구분해 사전사후분석을 실시했다. 연구 결과, 평균

0.50~2.95km/h의 속도 감소 효과가 나타났다. Korea Road Traffic Authority Traffic Science Institute(2016)의 연구에서는 4개소의 어린이 보호구역에서 점멸형 속도제한 신호등의 효과를 분석했다. 연구 결과, 평균속도는 3%, 제한속도 초과비율은 6% 감소한 것으로 나타났다.

종합하면, 선행연구들은 VMS의 공학적 특성과 물리적 요인들 간의 관계를 조사하였고, 주로 가상 상황에서 진행된 연구가 많았으며 실제 어린이 보호구역에서 VMS의 효과성을 검증한 실험 연구는 소수였으며, 속도제한 점멸등 형태로 메시지를 제공하는 형태도 아니었다. 또한, 기존연구들은 인적 요인에 대한 설명 및 분석이 빈약하였다. 이에 본 연구는 선행연구에서 고려되지 않았던 자극 출현의 적시성(timeliness)에 중점을 두어 VMS 메시지 제시 유형이 주행 차량 속도에 미치는 영향을 검증하였다.

Ⅲ. 연구방법론

1. 참가자 및 상황

본 연구는 안전보건공단이 지정한 교통사고 위험이 높은 서울 소재 초등학교 스쿨존 도로에서 진행되었다. 해당 도로들의 규정속도는 30km/h, 40km/h, 50km/h로 상이했으며, 차선이 왕복 2차선, 4차선, 6차선으로 각각 달랐다. 본 실험에서는 규정속도가 30km/h이며 왕복 2차선 도로인 장소 8곳을 선정한 후 처치와 속도 측정에 영향을 미칠 수 있는 요인인 과속 단속카메라 및 과속방지턱이 있는 곳을 제외하고 최종적으로 2곳을 선정하였다. 본 연구의 참가자는 평일 12:00~13:00에 보호구역의 일정 지점을 통과하는 불특정 다수의 운전자들이었으며, 총 20주간 서울 Y 초등학교 1,861대 서울 E 초등학교 4815대로 총 6,676대의 차량 속도가 측정되었다.

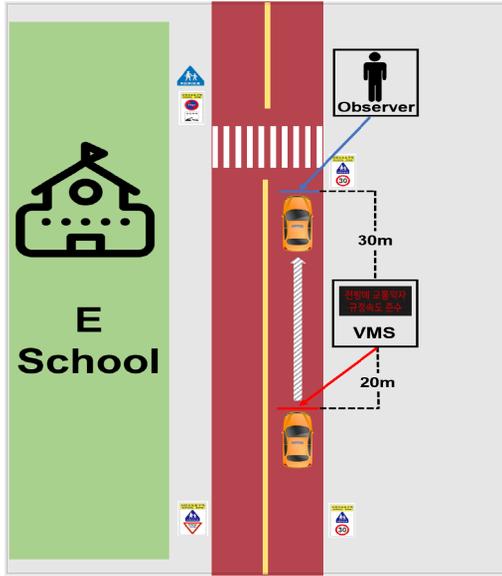
2. 종속변인 및 측정

본 연구의 종속변인은 보호구역 주행차량 순간 속도(km/h)와 보호구역 규정속도(30km/h) 준수율이었다. 주행차량의 순간 속도는 가변전광표지와 30m 떨어진 횡단보도 근처 특정 지점에서 실험보조자가 스피드 트레일러(Bushnell, Velocity: 측정범위 16km/h~320km/h)를 사용하여 측정된 것을 기록하였으며, 차량 측정 지점은 기저선과 각 실험조건(상시적/적시적 메시지)에서 모두 동일하였다. 준수율은 해당 구역 규정 속도 준수 여부로서 관찰된 차량 중 규정 속도를 준수한 차량을 전체 주행차량으로 나눈 뒤 비율을 계산하였다.

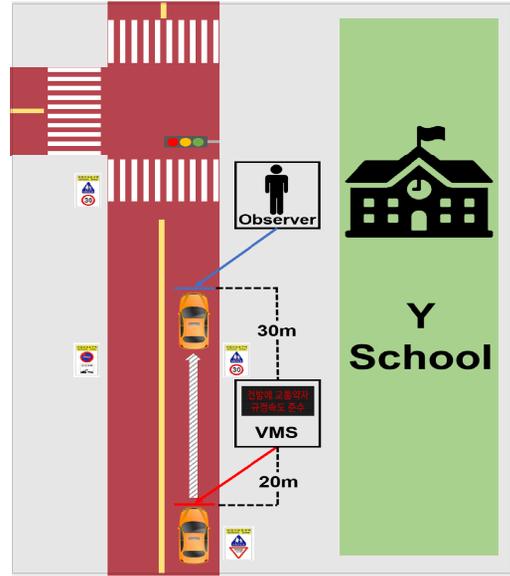
측정 시 관찰자 효과(Observer effect)로 인한 불특정 운전자들의 반응성(reactivity)을 통제하기 위해 운전자가 속도 측정 여부를 확인할 수 없도록 보호구역 내 특정 지점에 은폐하여 측정을 실시하였다. 또한, 차량 이격이 30m 이하인 경우, 교통신호체계에 의해 속도감소가 발생한 경우, 갯길에 정차한 차량이 있는 경우 등은 측정의 정확성과 신뢰성에 문제가 발생할 수 있어 측정에서 제외하였다.

3. 독립변인 및 절차

본 연구에 사용된 가변전광표지는 고휘도 LED 2단 × 12열, 가로 1920mm, 세로 320mm의 삼색(백, 적, 분홍)이었다. 본 연구의 전반적인 실험상황은 <Fig. 1>, <Fig. 2>에 제시하였다.



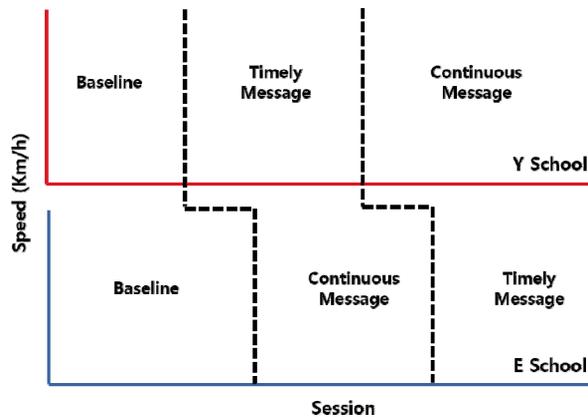
〈Fig. 1〉 E school experimental setting



〈Fig. 2〉 Y school experimental setting

구체적인 실험 절차는 다음과 같다. 적시적 메시지 조건에서는 어린이 보호구역 내 차량이 VMS로부터 20m 전에 진입하면 메시지가 현출되었고 차량이 VMS에서 30m를 지난 후 관찰자가 장비를 사용하여 순간 속도를 측정하였다. 상시적 메시지 조건은 VMS 위치와 측정 위치는 동일했지만, 차량 진입여부와 상관없이 메시지가 상시 현출되었다.

메시지의 내용은 ‘전방에 교통약자, 규정 속도 준수’였으며, 선행연구를 참고하여 메시지의 색상은 가시성이 높은 것으로 밝혀진 적색을 활용하였다(Hyun et al., 2012). 더불어 문자는 두 줄, 각 줄 당 10문자 이내로 제시하였다(Jung and Lee, 2013). 측정의 타당성 및 신뢰성을 확보하기 위해 VMS는 측정지점에서 30m 떨어진 지점에 설치 및 운용되었다. 또한, 실험설계로 VMS의 메시지 제시유형의 상이한 효과를 검증하고 순서 효과를 통제하기 위해 역균형 ABC 다중기저선 설계가 적용되었다(<Fig. 3> 참조).



〈Fig. 3〉 Counterbalancing ABC multiple baseline design

본 연구의 독립변인은 운전자의 규정속도 준수를 위한 가변전광표지로 제공하는 메시지 제공방식의 차이였다. 메시지의 유형은 상시적(Continuous)으로 제공되는 메시지와 적시적(Timely)으로 제공되는 메시지였다.

상시적 메시지. 상시적 메시지는 주행 차량의 보호구역 특정 지점 진입여부와 관련 없이 상시적으로 제공되는 메시지로 정의되었다. 따라서 상시적 메시지는 주행 차량의 보호구역 진입 여부와 관련 없이 가변전광표지에 계속해서 메시지가 고정으로 현출되었다.

적시적 메시지. 적시적 메시지는 주행 차량의 보호구역 특정 지점 진입여부를 고려하여 특정 지점을 통과할 때 점등되어 나타나는 메시지로 정의되었다. 따라서 적시적 메시지는 주행 차량의 보호구역 진입 여부를 고려하여 운전자가 가변전광표지 20m 전방에 진입하였을 때 메시지가 현출되었다.

IV. 분석결과

1. 평균속도의 차이

두 장소 및 실험 조건에서의 평균속도 및 표준편차는 <Table 1>에 제시되어 있다. 각 조건의 보호구역 내 평균 주행 속도의 차이를 살펴보면, E초등학교와 Y초등학교 모두 기저선 조건이 37.24km/h($SD=6.72$), 32.39km/h($SD=5.45$)로 다른 조건에 비해 일관적으로 높았으며, 그 뒤로는 상시적 메시지 조건이 각 장소에서 33.58km/h($SD=5.99$), 30.85km/h($SD=5.58$)로 뒤를 이었으며, 적시적 메시지 조건은 32.78km/h($SD=5.64$), 29.93km/h($SD=5.08$)로 가장 낮았다.

<Table 1> Means and standard deviations of speed

Experimental Condition	Variable	Phase	M(SD)	N
E School	Average Speed (km/h)	Baseline	37.24(6.72)	2302
		Continuous	33.58(5.99)	1242
		Timely	32.78(5.64)	1271
		Total	35.12(6.59)	4815
Experimental Condition	Variable	Phase	M(SD)	N
Y School	Average Speed (km/h)	Baseline	32.39(5.45)	410
		Continuous	30.85(5.58)	642
		Timely	29.93(5.08)	809
		Total	30.79(5.42)	1861

각 실험 조건 별로 메시지 제공유형에 따른 평균속도에 대한 차이가 유의미한지 검증하기 위하여 일원변량분석을 실시하였으며(<Table 2> 참조), 구체적인 각 조건에서의 차이를 알아보기 위해 사후분석을 실시하였다(<Table 3> 참조). 일원변량분석 결과 각 실험 조건에 따른 유의미한 평균 차이가 나타났으며, 사후분석 결과 기저선과 상시적 메시지 조건, 기저선과 적시적 메시지 조건, 상시적 메시지 조건에서 모두 유의미한 차이가 나타났다.

<Table 2> Analysis of variance for speed

Experimental Condition	Source	SS	df	MS	F	p
E School	Conditions	20294.40	2	10147.20	258.13	.000
	Error	189174.55	4812	39.313		
	Total	6149146.00	4815			
Experimental Condition	Source	SS	df	MS	F	p
Y School	Conditions	1649.41	2	824.71	28.86	.000
	Error	53089.20	1858	28.57		
	Total	1819862.00	1861			

<Table 3> Pair-wise comparisons of each experimental condition for speed

Experimental Condition	Variable	Comparison	MD ⁴⁾	SE ⁵⁾	p
E School	Average Speed (km/h)	a ¹⁾ vs. b ²⁾	3.66	.22	.000
		a vs. c ³⁾	4.46	.21	.000
		b vs. c	.80	.25	.004
Experimental Condition	Variable	Comparison	MD	SE	p
Y School	Average Speed (km/h)	a vs. b	1.53	.33	.000
		a vs. c	2.45	.32	.000
		b vs. c	.92	.28	.003

Note. 1) Baseline phase, 2) Continuous message, 3) Timely message, 4) Mead Difference 5) Standard Error

2. 규정속도 준수율의 차이

두 장소 및 실험 조건에서의 보호구역 규정속도(30km) 평균 준수율 및 표준편차는 <Table 4>에 제시되어 있다. 각 조건을 살펴보면, E초등학교와 Y초등학교 모두 기저선 조건이 14.68%, 38.05%로 다른 조건에 비해 일관적으로 낮았으며, 그 뒤로는 상시적 메시지 조건이 각 장소에서 34.70%, 51.40%로 기저선에 비해 높았으며, 적시적 메시지 조건에서 38.39%, 60.07%로 준수율이 가장 높았다.

<Table 4> Means of Regulatory speed compliance rate

Experimental Condition	Variable	Phase	M	N
E School	Regulatory speed compliance rate(%)	Baseline	14.68%	2302
		Continuous	34.70%	1242
		Timely	38.39%	1271
		Total	26.11%	4815
Experimental Condition	Variable	Phase	M(SD)	N
Y School	Regulatory speed compliance rate(%)	Baseline	38.05%	410
		Continuous	51.40%	642
		Timely	60.07%	809
		Total	52.23%	1861

각 실험 조건 별로 메시지 제공유형에 따라 속도 준수율에 대한 차이를 검증하기 위해 χ^2 검정을 실시하였다(<Table 5> 참조). χ^2 검증 결과, E초등학교, Y초등학교 모두에서 실험 조건에 따라 유의미한 준수율 차이가 나타났으며, E초등학교에서 실험조건은 중간의 효과크기, Y초등학교에서 실험조건은 작은 효과크기를 갖는 것으로 나타났다.

<Table 5> χ^2 -Test of experimental condition for compliance rate

Experimental Condition	Variable	χ^2	df	Phi	p
E School	Regulatory speed compliance rate(%)	302.78	2	.251	.000
Experimental Condition	Source	χ^2	df	Phi	p
Y School	Regulatory speed compliance rate(%)	53.17	2	.167	.000

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 어린이 보호구역에서 VMS의 메시지 제시유형이 주행차량속도에 미치는 영향을 확인하기 위해 실제 현장에서 실험을 통해 데이터를 수집하고 수집된 데이터에 대한 통계적 검증을 실시하였다. 분석 결과, VMS는 주행차량속도 감소에 효과적이었으며 메시지가 상시적으로 제공되는 형태보다 적시적으로 제공되는 것이 주행차량속도 감소에 효과적인 것으로 나타났다.

선행연구에 따르면 어린이 보호구역 내에 많은 환경 자극들 때문에 안전표지의 상대적으로 효과가 미미하다(Jang et al., 2010). 본 연구에서 실험이 진행된 두 곳의 어린이 보호구역 또한 안전표지판이 많았음에도 불구하고 실제로 규정 속도를 준수율이 저조하다는 것을 기저선 단계를 통해 확인하였다. 새로운 환경적 자극을 추가하는 것이 처치의 효과를 제한할 수 있으나, 본 연구에서는 기존의 환경 자극들이 많았음에도 불구하고 VMS가 효과적으로 주행 차량 속도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 연구 결과는 일반표지 및 신호형태의 점멸등이 아닌 문자화된 메시지를 제공하는 VMS가 주행차량의 감속을 효과적으로 유도한다는 것을 검증한 선행 연구들과 일치한다(Lee and Cho, 2015; Lee et al., 2008). 하지만, 본 연구의 차별점은 일반 교통상황이 아닌 어린이 보호구역에서 이루어진 현장연구 그리고 점멸등과 같은 신호형태가 아닌 스쿨존임을 상기시키는 문자화된 구체적 메시지를 제공한 것이다.

또한, 본 연구는 응용행동분석에서 제안하는 효과적인 환경적 자극의 특성들 중 하나인 자극 출현의 적시성에 중점을 두었다(Geller, 2016). 적시적으로 제공되는 메시지는 점멸형 형태의 메시지(Kum et al., 2005)와 유사한 듯 보이지만, 제공시점이 개인화되었다는 점에서 상이하다. Daniels and Bailey(2014)는 반응 기회에 앞서서 즉각적으로 주어지는 환경적 자극이 더욱 효과적이며, 환경적 자극과 반응 기회 사이에 지연이 있을 수록 환경적 자극이 효과성을 떨어진다고 주장하였다. 본 연구의 메시지 형태 중 하나인 적시적 메시지는 주행 차량이 횡단보도에 근접하였을 때 메시지를 제공하였기 때문에, 환경적 자극과 반응 기회 사이의 지연이 길지 않았다. 따라서 상시적 메시지에 비해 적시적 메시지가 주행 차량을 감속하는데 더 효과적인 것으로 판단된다.

하지만, 본 연구 결과를 일반화하는데 있어 고려해야 제한점이 있다. 첫째, 본 실험 장소는 왕복 2차선 도로에서 실시되었다. Harms(1991)에 따르면, 도로 상태에 따른 운전자의 인지 부하가 운전 수행에 다르게 영

향을 미칠 수 있다는 것이 밝혀졌다. 예를 들어, 차선 변경을 고려해야 하는 4차선이나 6차선 등과 같은 도로에서는 운전자는 2차선에 비해 상대적으로 더 큰 인지부하가 발생된다(Reimer et al., 2013). 따라서, 상대적으로 차선이 많은 도로에서 운전자가 운전 부하로 인하여 적시적으로 나타나는 메시지를 인지하지 못하여 효과가 제한적일 수 있다. 또한, 차선이 많은 경우 개인화된 메시지 제시가 제한될 수 있다. 둘째, 본 연구에서 일반적인 주행 상황을 고려하여 실험을 진행하였기에 악천후 상황을 통제하였다. 우천 시 시지각적인 방해가 발생하여 운전자들에게 자극 탐지하기 어렵다는 점(Konstantopoulos et al., 2010)을 고려하면, 악천후 상황에서도 추가적인 효과검증이 요구된다. 셋째, 적시적 메시지의 경우 차량 진입 여부를 고려하여 제공되었다는 점에서 메시지가 개인화되어 있는 것으로 볼 수 있으나 기존 점멸형 신호와 유사한 측면이 존재하기 때문에 적시적 메시지와 점멸형 메시지의 효과를 비교 검증해 볼 필요가 있다. 또한, 표출시 글자가 아닌 안전에 대한 상징 혹은 표식 등으로 제공되는 형태의 효과도 검증해 볼 필요성이 있다.

향후 연구에서는 교통상황, 기후조건을 고려하여 보다 다양한 VMS 메시지 형태의 효과가 검증될 필요가 있으며, 어린이 보호구역의 교통안전시설물을 제작 및 운용하는데 있어 메시지의 적시성뿐만 아니라, 구체성과 명확성까지 함께 고려할 필요가 있다. 예를 들어, 스쿨존에 진입하는 차량에게 메시지와 함께 차량 번호를 함께 제시한다면, 운전자에게 명확하게 인지되는 개인화된 메시지를 제공할 수 있을 것이다. 연구뿐만 아니라 교통안전과 관련된 정책 수립 시 인적요인을 고려하여 시행되어야 할 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 2016년 정부(과학기술정보통신부)의 재원을 받아 한국연구재단의 지원으로 수행하였습니다 (NRF-2016R1A2B1015839).

REFERENCES

- Daniels A. C. and Bailey J. S.(2014), *Performance management: Changing behavior that drives organizational effectiveness*, Aubrey Daniels International Inc, pp.106-107.
- Ellis R., Houten R. and Kim J. L.(2007), "In-Roadway Yield to Pedestrians Signs: Placement Distance and Motorist Yielding," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2002, pp.84-89.
- Geller E. S.(2016), *The psychology of safety handbook*, CRC press, pp.182-183.
- Gyeongnam development institute(2016), *Condition and Solution of Accident at School Zone in Gyeongnam*, p.29.
- Harms L.(1991), "Variation in drivers' cognitive load. Effects of driving through village areas and rural junctions," *Ergonomics*, vol. 34, no. 2, pp.151-160.
- Huybers S., Van Houten R. and Malenfant J. E. L.(2004), "Reducing conflicts between motor vehicles and pedestrians: the separate and combined effects of pavement markings and a sign prompt," *Journal of Applied Behavior Analysis*, vol. 37, no. 4, pp.445-456.
- Hyun M. K., Kim S. J., Kim B. J. and Kim W. K.(2012), "An Estimation for VMS Message Reading Time Considering Traffic Condition and Human Factor," *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 11, no. 1, pp.13-27.
- Jang M. S., Park J. Y., Kim M. J. and Jung D. J.(2010), "Improvement Measures for Traffic Safety

- at School Zone by Roadway and Accident Characteristics,” *Transportation Technology and Policy*, vol. 7, no. 5, pp.91-98.
- Jeong J. H. and Lee S. K.(2013), “Estimating the Effect of VMS on Drivers’ Legibility and Perception,” *Journal of The Korea Contents Association*, vol. 13, no. 11, pp.944-956.
- Konstantopoulos P., Chapman P. and Crundall D.(2010), “Driver’s visual attention as a function of driving experience and visibility. Using a driving simulator to explore drivers’ eye movements in day, night and rain driving,” *Accident Analysis & Prevention*, vol. 42, no. 3, pp.827-834.
- Korea Consumer Agency(2017), *School Zone Safety Survey*, p.14.
- Korea Road Traffic Authority Traffic Science Institute(2016), *Improving Traffic Safety in Child Protection Areas Research on Traffic Safety Facilities*, p.74.
- Korean National Police Agency(2016), *Traffic Accident Chart*, p.99.
- Korean Road Traffic Authority(2016), *Comparison of Traffic Accidents in OECD Member States*, p.57.
- Kum K. J., Son Y. T., Bae D. M. and Son S. N.(2005), “A Study on Significance Testing of Driver’s Visual Behavior due to the VMS Message Display Forms on the Road,” *Journal of Korean Society of Road Engineers*, vol. 7, no. 4, pp.151 - 162.
- Lai C. J.(2010), “Effects of color scheme and message lines of variable message signs on driver performance,” *Accident Analysis & Prevention*, vol. 42, no. 4, pp.1003-1008.
- Lee C. K. and Abdel-Aty M.(2008), “Testing Effects of Warning Messages and Variable Speed Limits on Driver Behavior Using Driving Simulator,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2069, pp.55-64.
- Lee C. K., Lee S. S., Choi B. S. and Oh Y. T.(2006), “Effectiveness of speed-monitoring displays in speed reduction in school zones,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1973, pp.27-35.
- Lee S. H. and Cho H. J.(2015), “A Study on Safety Impacts for VMS Traffic Information,” *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 14, no. 1, pp.22 - 30.
- Ministry of Public Safety and Security(2016), *School Zone Standard Model*, p.11.
- Monash University Accident Research Centre(2009), *Road design factors and their interactions with speed and speed limits*, p.9.
- Park B. K.(2013), “The Research of Existing Traffic Safety Facilities Condition for Enhancing in School Zone Safety,” *Journal of the Korean association for shell and spatial structures*, vol. 13, no. 2, pp.101-109.
- Park W. K., Kim H. J. and Paik 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,” *Journal of Integrated Design Research*, vol. 8, no. 1, pp.97-112.
- Penmetsa P. and Pulugurtha S. S.(2016), “Risk Drivers Pose to Themselves and Other Drivers by Violating Traffic Rules,” *Traffic Injury Prevention*, vol. 18, no. 1, pp.63-69.
- Pilkington P. and Kinra S.(2005), “Effectiveness of speed cameras in preventing road traffic collisions and related casualties: systematic review,” *British Medical Journal*, vol. 330, no. 7487, pp.331-334.
- Reimer B., Donmez B., Lavallière M., Mehler B., Coughlin J. F. and Teasdale N.(2013), “Impact of

age and cognitive demand on lane choice and changing under actual highway conditions,” *Accident Analysis & Prevention*, vol. 52, pp.125-132.

Transport and Main Roads(2014), *Evaluation of flashing school zone signs in Queensland*, pp.1-5.

Van Houten R. and Van Hutten F.(1987), “The effects of a specific prompting sign on speed reduction,” *Accident Analysis and Prevention*, vol. 19, no. 2, pp.115-117.

World Health Organization(2004), *World report on road traffic injury prevention*, p.76.