

동영상식 VMS로 사전정보제공시 터널 내 2차사고 감소효과에 관한 연구

신소명* · 이수범**† · 김형규*** · 박민재*** · 김경태****

Effect of Prior Information Given by Video type VMS on Reduction of Secondary Accidents in Tunnels

So Myoung Shin* · Soo Beom Lee**† · Hyung Kyu Kim*** · Min Jai Park*** · Kyoung Tae Kim****

Corresponding Author

Soo Beom Lee

Tel : +82-02-6490-5662

E-mail : mendota@uos.ac.kr

Received : January 16, 2019

Revised : February 20, 2019

Accepted : March 26, 2019

Abstract : Secondary accident is common type of accident which occurs in Korean highway tunnels. Fatality rate of secondary accidents in highway tunnels is six time higher than primary accidents. Video type VMS is a new way of providing information to road users which was recently introduced by Korean government to prevent secondary accidents in highway tunnels. In this study we compared changes in driver's behavior when information is provided by Text type and Video Type VMS. In addition to analyze effects of secondary accident reduction, driving behavior was analyzed based on providing advance information by video type VMS at tunnel entrance. Analysis showed that both text type and video type VMS has similar effect on driver behavior. Video type VMS showed positive effect on driver's behavior to prevent secondary accident when information is provided 1km ahead of accident. Considering there results and the short-term memory characteristics of driver, it was determined that information should be provide at about 650m from the entrance of the tunnel. The results of this study are consistent with the requirement that VMS should be installed at least 500m ahead of tunnel and produce more accurate providing information points. 650m is also appropriate interval for providing information in tunnel to cope with an accident ahead.

Copyright©2019 by The Korean Society of Safety All right reserved.

Key Words : video type VMS, secondary accident, tunnel, driving simulator, driving safety

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 5년간(2013-2017) 국내에서 발생한 교통사고 발생건수¹⁾를 분석한 결과, 차대차 사고 비율이 약 73%로 매우 높으며, 차대차 사고 중 추돌사고가 측면충돌 다음으로 높은 비율을 차지하는 것으로 나타났다. 추돌사고 중 터널 안에서 발생하는 추돌사고는 치사율이 3.80명/100건으로 단일로에서 발생하는 사고유형 중 가장 높으며, 폐쇄형 공간구조물의 형태로 이루어져 있

어 2차사고와 같은 추가 사고로 이어질 수 있다²⁾.

또한 설계속도가 도시지역의 경우 20 km/h, 지방지역의 평지일 경우 40 km/h 정도 차이가 나는 일반국도와 고속국도의 최근 5년간(2013-2017)의 치사율을 분석¹⁾한 결과, 설계속도가 높은 고속국도의 치사율(6.73명/100건)이 일반국도(4.80명/100건) 보다 약 1.4배 높은 것으로 나타났다.

2014년부터 2016년까지 고속도로 터널에서 발생한 사고를 분석해보면, 2차사고의 치사율(47.06명/100건)은 1차사고의 치사율(7.97명/100건)의 약 6배로 사고심각

*서울시립대학교 교통공학과 박사과정 (Department of Transportation Engineering, University of Seoul)

**서울시립대학교 교통공학과 교수 (Department of Transportation Engineering, University of Seoul)

***서울시립대학교 교통공학과 박사수로 (Department of Transportation Engineering, University of Seoul)

****(주)삼보기술단 이사(Sambo Engineering CO., LTD.)

도가 매우 크다³⁾. 국가에서는 주행속도가 높아 사고발생시 심각도가 큰 고속도로의 터널 내 2차사고를 예방하기 위하여 터널 내 유고상황검지가 빠르게 이루어지는 유고감지시스템을 도입 후 차량이용규제신호등(LCS : Lane Control System), 도로전광표지(VMS : Variable Message Signs) 등을 통해 정보를 제공하고 있다.

최근 고속도로에서는 주로 교통상황 관제용으로 설치되는 폐쇄회로 TV(Closed-Circuit Television : CCTV)의 화면과 문자 등을 통해 부가정보를 제공하는 동영상식 VMS⁴⁾를 활용하여 2차사고를 예방하고 있으나, 설치효과 검증이 이루어지지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 주행시뮬레이터를 활용하여 문자식 VMS와 동영상식 VMS의 운전자 행태변화를 비교하고, 고속도로에서 동영상식 VMS로 터널 내 사고에 대한 정보를 사전에 제공시 2차사고 감소효과를 분석하고자 한다. 또한 운전자가 사고에 대한 정보를 인지하고 안전하게 주행행태를 변화시킬 수 있는 거리를 도출하여 터널 앞 동영상식 VMS의 설치 위치 및 터널 내 VMS의 설치 간격을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 내용

터널 내 사고를 재현하는 것과 터널 내 2차사고의 발생을 피하기 위하여 피실험자의 주행행태를 살펴보는 것은 불가능하며 피실험자가 매우 위험하기 때문에 본 연구에서는 주행시뮬레이터를 이용하여 운전자의 주행행태를 분석하였다.

본 연구에서는 현재 터널 내 2차사고를 예방하기 위하여 터널 입구에 동영상식 VMS를 설치 및 운영 중인 천안~논산 고속도로 구간에 대한 가상 주행실험 맵을 구축하였다.

피실험자는 실험별로 20대에서 60세 이상으로 성별 및 연령을 고려하여 무작위로 모집하였으며, 동영상식

VMS로 사전정보 제공의 유무에 따른 사고차량을 피하기 위한 피실험자의 주행행태를 분석하였다.

2. 선행연구 고찰

2.1 시뮬레이션을 이용한 시설물 효과분석 관련 연구

박제진 등은 시선유도시설의 효과평가를 위하여 시선유도시설이 설치된 구간의 전·후 300 m 거리의 주행속도와 감속시점을 분석하였으며, 독립표본 t-test로 통계적 검증을 하였다. 분석 결과, 곡선 반경 1,000 m 이하인 좌곡선 구간에서는 갈매기표지가 텔레네이터에 비하여 더 안정적으로 감속을 유도하는 것으로 나타났다⁵⁾.

박제진 등은 고속도로 차로유도선의 설치효과 및 적정 연장길이를 산정하기 위하여 피실험자 30명을 대상으로 차로유도선의 연장별 차로변경 시점을 분석하였으며, 대응표본 t-test로 통계적 검증을 하였다. 분석 결과, 차로유도선을 설치하였을 때 보다 안정적인 차로변경 형태를 보였으며 차로유도선이 1.5 km 이상일 경우 상류부 1.0 km 이전에 모든 실험자가 차로변경을 완료하는 것으로 나타났다⁶⁾.

김영준 등은 돌발상황 대응 방안 중 하나인 B-Sang System의 효과를 분석하기 위하여 시스템의 작동 유무 및 사전정보 제공 유무 등으로 구분하여 그룹별 30명을 대상으로 평균 주행속도, 적정 감속, 충돌, 급차선변경과 같은 돌발상황시 운전자 행태에 대한 분석을 하였다. 통계적 검증방법은 시뮬레이션은 상대적인 크기를 비교하는 것이며 모집단에 비하여 표본의 크기도 작다 판단하여 비모수 검정방법 중 하나인 Kruskal-Wallis 방법을 이용하였다. 분석 결과, 시스템은 안개구간에서 효과가 있으며 사전에 시스템에 대한 교육이 이루어졌을 때 효과가 더 있는 것으로 나타났다⁷⁾.

2.2 VMS 효과분석 및 설치위치 관련 연구

이상혁 등은 실제도로의 약 300 m 곡선부에서 이동식 도로전광표지를 이용하여 “안전운행”, “커브주의”의 교통정보를 번갈아 가며 제공하였을 때와 제공하지 않았을 때의 평균주행속도 및 평균측방거리를 분석하였다. 분석 결과 교통정보를 제공시 평균주행속도가 감소하며 차량이 정보제공이 없을 때에 비하여 차로 중심으로 통행하는 것으로 나타났다⁸⁾.

A. H. Jamson 등은 VMS로 교통안전 캠페인의 정보를 제공시 교통안전에 미치는 영향을 분석하기 위하여 주행시뮬레이터를 이용하여 1.5 km 간격으로 VMS를 설치 후 그룹별로 0개, 8개, 16개, 24개의 VMS에 “WATCH YOUR SPEED”와 “KEEP YOUR DISTANCE” 정보를 제

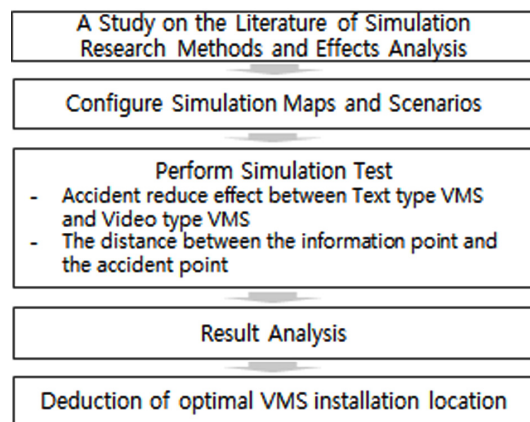


Fig. 1. Process of study.

공 후 25번째 VMS에서 차로변경을 요구하는 실험을 진행하였다. 실험 결과, 정보제공시 평균 주행속도는 감소하고 차간거리는 증가하였으며, 정보제공 빈도수가 많을수록 차로변경을 요구하는 VMS에 대하여 무시하거나 느리게 반응하는 경향이 나타났다⁹⁾.

Xuedong Yan 등은 신호교차로에서 VMS 설치 위치 및 정보제공의 형태가 운전자의 경로선택에 미치는 영향을 주행시뮬레이터를 이용해 분석하였다. 분석 결과, VMS 위치는 교차로 전방 150~200 m 지점에 설치하는 것이 교통안전과 운영에 적합하며, 운전자는 VMS 정보를 설치 지점으로부터 전방 70 m에서 판단하여 경로를 선택하는 것으로 나타났다¹⁰⁾.

임준범 등은 VMS 교통정보의 제공내용, 제공위치 등에 따른 도로 이용자의 심리적 반응을 분석하기 위하여 주행시뮬레이터 및 생체계측시스템을 이용하여 국도상에서 출구 500 m 전, 1 km 전, 1.5 km 전, 2 km 전에서 정보를 제공하였을 때 운전자의 스트레스를 측정하는 실험을 진행하였다. 분석 결과, 출구 500 m 전에 정보를 제공하였을 경우 가장 스트레스 지수가 높으며, 출구 1.5 km 전에 정보를 제공하였을 경우 가장 스트레스 지수가 낮은 것으로 나타났다¹¹⁾.

2.3 연구의 차별성

선행연구를 종합하면, 주행시뮬레이터를 이용하여 시설물에 대한 효과분석시 그룹간 비교를 위하여 모수 검정 혹은 비모수 검정으로 통계적 유의성을 검증하였다. 또한 VMS 효과분석시 빈도수, 설치유무 등에 따른 1차사고 예방에 대한 효과분석이 주를 이루고 있다. 그러나 본 연구에서는 동영상식 VMS로 터널 안 사고에 대하여 정보를 사전에 제공하였을 시의 2차사고 감소 효과를 모수방법과 비모수방법 모두 사용한다는 것과 정보제공시 운전자가 주행행태를 안전하게 변화시킬 수 있는 정보제공지점과 사고지점간의 거리를 제시한다는 점에서 연구의 차별성이 있다.

3. 가상환경 주행실험 설계

3.1 가상주행 실험

가상주행 실험을 위한 맵은 천안-논산 고속도로 중 동영상식 VMS를 설치·운영하고 있는 터널의 전 5 km부터 터널 구간인 2.42 km 구간이다. 터널 내 사고 정보를 표출하는 동영상식 VMS는 실제 모습과 동일하게 좌측은 CCTV 모습이며 우측은 문자식으로 정보를 표출하도록 하였다.

현재 국내 교통법규에는 교통사고에 대한 정의만 있



Fig. 2. Tunnel entrance on the map of driving simulator.

을 뿐 2차 사고에 대한 정의는 규정되어 있지 않다. 선행연구에서 2차 사고는 15분 이내에 선행사고가 발생한 지점으로부터 1.6 km 이내에 발생한 사고¹²⁾ 혹은 60분 이내에 선행사고가 발생한 지점으로부터 3.2 km 이내에 선행차량 및 탑승자와 충돌한 사고¹³⁾로 정의하고 있다. 또한 국내 선행연구에서는 선행사고의 차량 및 사람을 충돌하는 사고, 선행사고를 회피하는 과정 중 충돌하는 사고, 사고처리자와 차량을 충돌하는 사고 및 낙하물, 시설물 파편 등으로 인해 후속차량이 발생시킨 사고¹⁴⁾로 정의하였다.

그러나 기술의 발전으로 인하여 사고 대응이 빨라지고 있기에 본 연구에서는 2차사고를 15분 이내에 선행사고가 발생한 지점으로부터 1.6 km 이내에 선행사고로 인하여 발생한 사고로 정의하였다.

따라서 일반적인 VMS 정보제공에 의한 운전자 행태변화와 동영상식 VMS 정보제공에 의한 운전자 행태변화를 비교하기 위하여 터널 입구로부터 1 km에서 발생한 사고에 대한 정보를 문자식 VMS와 동영상식 VMS로 제공하였을 때의 운전자 행태변화를 비교하였

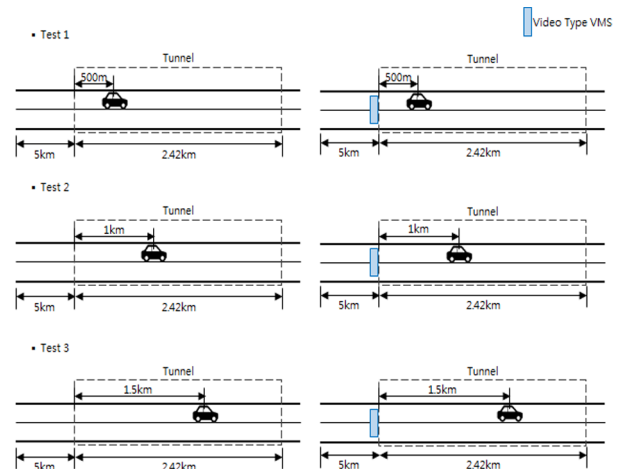


Fig. 3. Scenario for reduction effect of secondary accidents.



Fig. 4. Driving simulation used in this study.

으며, 동영상식 VMS의 설치효과 및 효과적인 동영상식 VMS 설치위치를 분석하기 위해 정보제공지점과 사고지점간의 거리를 0.5 km, 1.0 km, 1.5 km로 적용하여 거리별로 동영상식 VMS로 터널 내 사고에 대한 정보를 제공하는 경우와 그렇지 않은 경우로 시나리오를 구성하였다.

가상주행시뮬레이터는 사고상황을 구축할 수 있으며 모든 피실험자에게 동일한 상황을 제공할 수 있다. 본 연구에서는 연구실 내에 보유하고 있는 실험장비를 활용하여 실험을 진행하였다.

본 연구에 참여한 인원은 운전경력 1년 이상의 99명의 남녀 운전자이며, 남성이 62명(62.63%), 여성이 37명(37.37%)이다. 피실험자의 평균 연령은 35.66세(SD=14.09세)이며, 고속도로에서 사고 경험은 없다. 피실험자에게는 제한속도가 110 km/h라는 정보만을 제공한 후 실험을 진행하였다.

3.2 자료분석 방법

주행속도, 차로편측 및 가속도는 사고차량에 대한 정보를 사전에 제공할 경우 사고가 발생한 지점까지 서서히 감속하여 안전하게 대처하는지를 분석할 수 있기에 동영상식 VMS 효과분석 실험별 피실험자 30명인 총 90명과 문자식 VMS와 동영상식 VMS 비교분석 실험의 피실험자 9명의 기초 주행자료 중 주행속도, 차로편측, 가속도 등을 활용하여 피실험자가 터널 내 사고차량을 피하기 위한 주행행태를 분석하였다.

주행속도는 동영상식 VMS 판독시점인 터널 입구 전방 70 m부터 차로변경시까지를 분석하였으며, 감속도는 브레이크 파워, 차로변경시점은 차로편측 값을 이용하여 분석하였다.

4. 가상환경 주행실험 분석결과

4.1 문자식 VMS 및 동영상식 VMS로 정보제공시 운전자 행태변화 비교분석

4.1.1 주행속도 및 차로변경시점 분석

문자식 VMS와 동영상식 VMS의 터널 내 사고의 정보제공시 운전자 행태변화를 통하여 터널 내 2차 사고

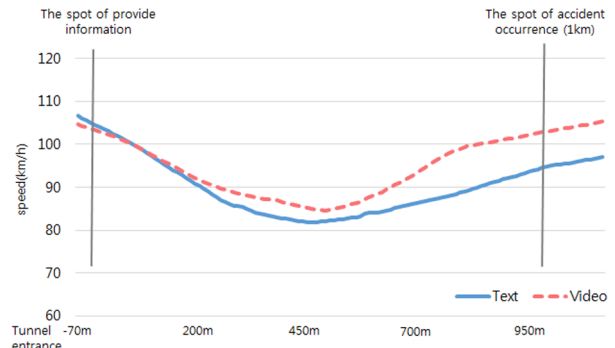


Fig. 5. Comparison of average driving speed between text type VMS and video type VMS.

Table 1. Analysis of average driving speed between text type VMS AND Video type VMS

Classification	M	SD	Independent t-test		Mann-Whitney	
			t	p-value	z	p-value
Text type VMS	89.84	3.57	-1.94	0.07	-1.50	0.13
Video type VMS	93.92	5.22				

감소효과를 비교·분석하기 위해 주행속도를 분석한 결과, 문자식 VMS일 때 평균주행속도가 동영상식 VMS에 비하여 약 4.1 km/h 낮게 나타났으나, 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 피실험자가 정보제공 방식에 상관없이 문자로 이루어진 정보를 획득하여 주행하였기에 나타난 결과로 판단된다.

차로변경시점 분석 결과 통계적으로 유의미한 차이는 없으나, 문자식 VMS로 정보제공을 하였을 때는 터널입구로부터 평균 약 370 m에서 차로변경을 하였으며, 동영상식 VMS로 정보제공시에는 평균 약 358 m 지점에서 차로변경을 하는 것으로 분석되었다. 이는 주행속도와 마찬가지로 동영상식 VMS 중 문자로 제공되는 정보를 운전자들을 획득하기에 문자식 VMS와 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.

Table 2. Analysis of point of lane change between text type VMS AND Video type VMS

Classification	M	SD	Independent t-test		Mann-Whitney	
			t	p-value	z	p-value
Text type VMS	370.00	90.83	0.348	0.732	-0.53	0.60
Video type VMS	357.78	53.33				

4.1.2 브레이크 파워 분석

브레이크 파워 분석 결과 문자식 VMS로 정보제공시에는 0.10, 동영상식 VMS로 정보제공시에는 0.11로 큰 차이가 없으며, 통계적으로도 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 3. Analysis of brake power between text type VMS AND Video type VMS

Classification	M	SD	Independent t-test		Mann-Whitney	
			t	p-value	z	p-value
Text type VMS	0.10	0.03	-0.32	0.76	-0.40	0.69
Video type VMS	0.11	0.04				

4.2 동영상식 VMS 정보제공 효과분석

4.2.1 주행속도 및 차로변경시점 분석

정보제공지점과 사고지점간의 거리 및 정보제공의 유무별로 차로변경시점까지의 주행속도 및 차로변경시점을 분석하여 사전정보제공의 효과를 분석하였다. 분석한 결과, 피실험자들은 정보제공이 없을 때는 터

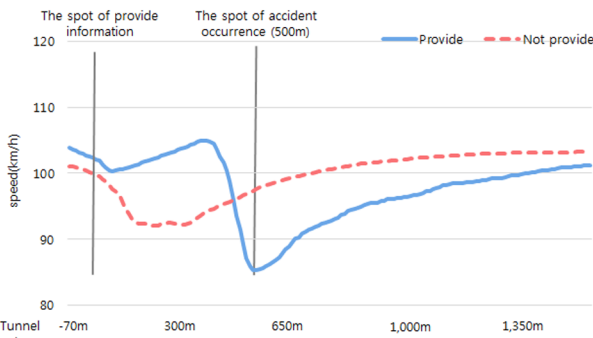


Fig. 6. Average driving speed (Test 1).

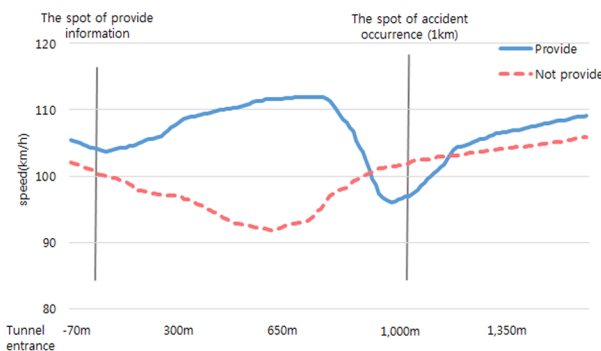


Fig. 7. Average driving speed (Test 2).

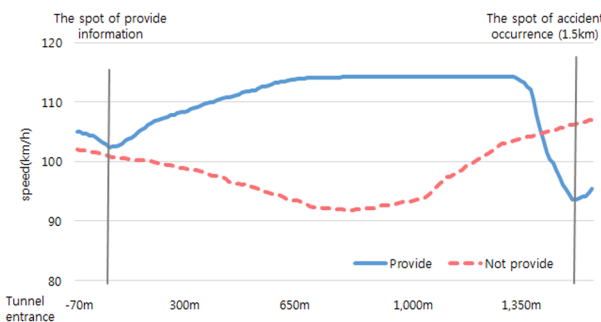


Fig. 8. Average driving speed (Test 3).

Table 4. Analysis of average driving speed of experiment

Classification		M	SD	Paired t-test		Wilcoxon signed rank test	
				t	p-value	z	p-value
Test 1	Not provide	106.38	5.01	2.47	0.02	-2.11	0.04
	provide	104.19	6				
Test 2	Not provide	108.91	6.23	9.1	0.00	-4.74	0.00
	Provide	98.65	6.53				
Test 3	Not provide	109.95	5.59	9.59	0.00	-4.72	0.00
	Provide	96.64	7.77				

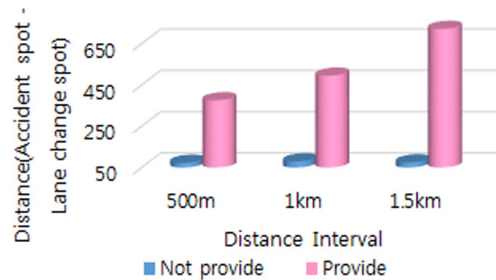


Fig. 9. Average distance from accident spot to lane change spot.

널 내에서 과속을 하다가 시야에 고장차량이 보이고 급감속을 하는 것으로 나타났으며, 정보제공시에는 안전하게 사고지점을 통과하기 위하여 차로변경을 할 때까지 대다수 속도를 줄여 주행하는 것으로 분석되었다.

또한 차로변경을 정보제공이 없을 때에 비하여 일찍 한 것으로 분석되었다. Fig. 9에서 나타나듯이, 정보제공지점과 사고지점간의 거리가 500 m일 경우 정보제공시 평균적으로 303 m 일찍 차로변경을 하였으며, 1 km일 때는 415.33 m, 1.5 km일 때는 647 m 일찍 차로변경을 하는 것으로 분석되었다.

Table 5. Analysis result of distance from the accident spot to the lane change spot by experiment

Classification		M	SD	Paired t-test		Wilcoxon signed rank test	
				t	p-value	z	p-value
Test 1	Not provide	72.67	22.27	-21.24	0.00	-4.78	0.00
	Provide	375.67	68.87				
Test 2	Not provide	79.67	5.2	-27.99	0.00	-4.79	0.00
	Provide	495	12.36				
Test 3	Not provide	74.67	4.28	-30.31	0.00	-4.79	0.00
	Provide	721.67	20.81				

4.2.2 브레이크 파워 분석

피실험자의 감속도를 분석하기 위하여 브레이크 파워를 분석한 결과 1 km와 1.5 km에서는 통계적으로 유

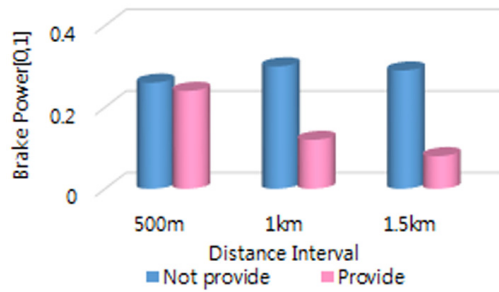


Fig. 10. Average brake power.

Table 6. Analysis of average brake power of experiment

Classification		M	SD	Paired t-test		Wilcoxon Signed Rank Test	
				t	p-value	z	p-value
Test 1	Not Provide	0.26	0.12	1.3	0.2	-1.87	0.06
	Provide	0.24	0.11				
Test 2	Not Provide	0.3	0.11	10.81	0	-4.71	0
	Provide	0.12	0.08				
Test 3	Not Provide	0.29	0.12	10.36	0	-4.71	0
	Provide	0.08	0.05				

의미한 차이가 관측되었으나, 500 m는 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 피실험자가 안전하게 주행행태를 변화시키기에는 거리가 짧아 통계적 유의성이 확보되지 않은 것으로 판단된다.

5. 결론 및 향후 연구과제

5.1 결론

본 연구에서는 주행시뮬레이터를 이용하여 터널 내 사고에 대하여 문자식 VMS와 동영상식 VMS로 정보제공시의 운전자 행태변화와 동영상식 VMS로 정보제공지점으로부터 사고발생지점까지의 거리별로 사전정보를 제공시 터널 내 2차사고 감소효과를 주행안전성 분석을 통해 검증하였다.

운전자는 동영상식 VMS의 정보중 문자로 구성된 정보를 획득하여 주행하는 것으로 나타나 문자식 VMS로 정보제공시와 운전자 주행행태 변화에서는 유사한 것으로 나타났다.

이에 2차사고를 감소시키고자 최근 설치되고 있는 동영상식 VMS의 효과를 분석하기 위하여 현재 고속도로에 설치되어있는 동영상식 VMS를 기반으로 하여 VMS의 판독시점부터 차로변경시점까지의 평균 주행속도, 브레이크 파워 및 차로변경지점을 분석한 결과, 운전자는 터널 내 사고에 대해 사전정보제공시 감속주행을 하며 사고차량 발견 이전에 차로를 변경하는 것

Table 7. Analysis result of traffic safety impacts

Classification		Speed	Distance (accident~lane change)	Brake power
Test 1	Not provide	106.38	72.67	0.26
	Provide	104.19	375.67	0.24
Improvement of safety impacts		2.10%	80.66%	8.33%
Test 2	Not provide	108.91	79.67	0.3
	Provide	98.65	495	0.12
Improvement of safety impacts		10.40%	83.91%	150.00%
Test 3	Not provide	109.95	74.67	0.29
	Provide	96.64	721.67	0.08
Improvement of safety impacts		13.77%	89.65%	262.50%

으로 나타났다. 그러나 사고지점으로부터 0.5 km 전방에서 정보제공을 하는 것은 운전자가 안전하게 주행행태를 변화시키기에는 짧은 거리로 나타나 2차사고 감소효과는 다소 떨어지는 것으로 분석되었다.

본 연구에서 진행한 실험은 간격이 3가지에 국한되어 있으며 모든 도로 기하구조를 반영한 것이 아니기에 터널 내 2차 사고를 예방할 수 있는 정보제공지점에 대해 정확한 정의를 내릴 수는 없다. 그러나 사고지점으로부터 1 km 전에 정보를 제공할시 2차 사고 감소효과가 존재하는 것으로 나타났으며, 운전 중에 제공되는 교통안전정보를 약 22~30초 정도 지나면 대부분 기억하지 못하는 운전자 단기 기억 특성¹⁵⁻¹⁷⁾을 고려하면, 터널 내 2차 사고를 예방하기 위해서는 정보제공방식과는 관계없이 터널 입구로부터 약 650 m 지점에서 정보제공이 이루어져야 한다고 판단할 수 있다.

또한 2차사고를 예방하기 위해서는 터널 앞에서 정보제공을 하는 것도 중요하나, 사고발생시 터널 앞 정보제공지점으로부터 사고지점 사이에 위치한 차량에게도 정보제공이 필요하다. 본 연구결과에서 도출한 터널 전방으로부터의 VMS 설치 위치는 운전자가 터널 내 전방에 발생한 사고에 대하여 안전하게 대처할 수 있는 거리를 바탕으로 도출한 값으로, 전방에 발생한 사고를 대처할 수 있는 적정 정보제공 간격이라 할 수 있다.

따라서 본 연구는 도로전광표지(VMS) 설치·운영 및 유지·관리 지침의 터널 앞 VMS 설치시 최소 터널 전방 500 m 이상 지점에 설치하여야 한다는 항목과 일치하는 결과를 나타내며 좀 더 정확한 정보제공지점을 산출한 것이라 할 수 있으며, 터널 내부 VMS 설치 간격에 대하여 기준값을 제시한 것이라 할 수 있다.

5.2 한계점 및 향후 연구과제

본 연구는 주행시뮬레이터를 이용한 것으로 실도로의

주행결과와는 차이점이 존재하며 20-30대 피실험자의 비율이 많기에, 분석 결과의 일반화를 위한 실제 도로상에서 여러 연령대 피실험자의 추가 실험이 필요하다.

또한 본 연구는 다양한 도로등급 및 기하구조를 반영하지 않았기에 향후 다양한 도로를 대상으로 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

References

- 1) KoRoad, "Traffic Accident Analysis System"
- 2) Y. K. Kang, S. W. Shin, J. H. Kim and J. W. Jeon, "Utilization of IoT Technology to Reduce Secondary Accident in Tunnels -Development Case of Real-time Accident Recognition/response System", The Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 15, No. 4, pp. 106-112, 2015.
- 3) I. H. Choi, "Traffic Tunnel Accident Data Analysis", Parliamentary Inspection Data, 2017.
- 4) Ministry of Land, Infrastructure and Transportation, "ITS Business Enforcement Policy", 2010.
- 5) J. J. Park, D. N. Kim, Y. J. Park and W. C. Song, "Evaluation of Effectiveness on Delineation System Using Virtual Driving Simulator", International Journal of Highway Engineering, Vol. 19, No. 5, pp. 163-171, 2017.
- 6) J. J. Park and D. N. Kim, "An Evaluation on the Length of Guidance Lane Marking on Expressways Using Virtual Driving Simulator", The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, Vol. 16, No. 5, pp. 1-11, 2017.
- 7) Y. J. Kim, K. H. Kwon and J. B. Lim, "A Study of the Effectiveness of B-Sang System Using Driving Simulation", The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, Vol. 2016, No. 10, pp. 98-104, 2016.
- 8) S. H. Lee and H. J. Cho, "A Study on Safety Impacts for VMS Traffic Information", The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, Vol. 14, No. 1, pp. 22-30, 2015.
- 9) A. H. Jamson and N. Merat, "The Effectiveness of Safety Campaign VMS Message -A Driving Simulator Investigation", Proceedings of the 4th International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design, pp. 459-465, 2007.
- 10) X. Yan and J. Wu, "Effectiveness of Variable Message Signs on Driving Behavior Based on a Driving Simulation Experiment", Discrete Dynamics in Nature and Society, pp. 1-9, 2014.
- 11) J. B. Lim, J. Y. Hong, S. B. Lee, S. H. Jung and J. R. Hwang, "A Study on Driver's Psychological Responses to VMS Traffic Information Using Driving Simulator", The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, Vol. 9, No. 3, pp. 20-29, 2010.
- 12) R. A. Raub, "Occurrence of Secondary Crashes on Urban Arterial Roadways", Transportation Research Record : Journal of the Transportation Research Board, pp. 53-58, 1997.
- 13) W. Hirunyanitiwattana and S. P. Mattingly, "Identifying Secondary Crash Characteristics for the California Highway System", Transportation Research Board : 85th Annual Meeting, pp. 1-18, 2006.
- 14) G. Y. Oeo, D. G. Kim and Y. H. Lee, "The Characteristics of Secondary Crashes Occurred on Expressways in Korea", Korean Society of Road Engineers, Vol. 15, No. 2, pp. 139-147, 2013.
- 15) G. Johansson and K. Rumar, "Drivers and Road Signs: A Preliminary Investigation of the Capacity of Car Drivers to get Information from Road Signs", Ergonomics, Vol. 19, pp. 57-62, Issue 1, 1966.
- 16) W. C. Kim, Akimasa Fujiwara and S. B. Lee, "Estimating Utility Function of In-Vehicle Traffic Safety Information Incorporating Driver's Short-Term Memory", Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 27, No. 4, pp. 127-135, 2009.
- 17) K. W. Ogden, "Safer Roads : A Guide to Road Safety Engineering", Avebury Technical, p. 58, 1995.