

비교그룹방법을 통한 백색 중앙분리대측 실선 도입의 사고감소효과 연구

Estimation of Traffic Accident Effectiveness of White Left Shoulder Line Using a Comparison Group Method

박시내	Park, Sinae	정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 석사과정 (E-mail : aagu9157@gmail.com)
임준범	Lim, Joonbeom	정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 연구교수 · 교신저자 (E-mail : tsafety11@uos.ac.kr)
김동인	Kim, Dongin	한국도로공사 교통처장 (E-mail : kdi@ex.co.kr)
김진홍	Kim, Jinhong	한국도로공사 교통처 교통개선부장 (E-mail : kjh2@ex.co.kr)
최명호	Choi, Myungho	한국도로공사 교통처 교통시설차장 (E-mail : kright@ex.co.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : Visibility of lanes on the road improves as retro-reflectivity rises. This helps reduce traffic accidents at nighttime or in bad weather. This study aimed to evaluate the effects of improved visibility on reduction of traffic accidents when the color of the lane in the median of the highway was changed from yellow to white.

METHODS : In order to evaluate the accident reduction effect of the white left shoulder line, Hauer (1997)'s Comparison-Group method was chosen as an analysis methodology. The JungBu-2 highway, which is equipped with the white left shoulder line and is in trial operation, was chosen as a target for analysis. Data of accidents for 10 months before and after installation was collected and analyzed. In addition to the number of accidents, the types of accidents were classified into nighttime accidents, accidents in bad weather, and median collisions. The accident reduction effect of improved visibility of lanes was analyzed.

RESULTS : The analysis' finding showed that installation of the white left shoulder line decreased the number of accidents by 28%. Moreover, improvement in visibility was effective in reducing nighttime accidents by 67.63%, accidents in bad weather by 55.19%, and median collisions by 48.55%.

CONCLUSIONS : Based on the analysis' results in this study, it was concluded that white left shoulder line on the freeway contributed to reduce traffic accidents, especially nighttime accidents, accidents in bad weather, and median collisions.

Keywords

Comparison-Group Method, Visibility of Line, White Left Shoulder Line, Accident Reduction Effects

Corresponding Author : Lim, Joonbeom, Doctor Degree
Department of Transportation Engineering, University of Seoul
Seoulsiripdaero 163, Dongdaemun-gu, Seoul, 02504, Korea
Tel : +82.2.6490.5662 Fax : +82.2.6490.2819
E-mail : tsafety11@uos.ac.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received Jul. 06, 2016 Revised Aug. 26, 2016 Accepted Aug. 29, 2016

1. 서론

1.1. 연구배경 및 목적

도로 위에 설치되는 노면표시는 주·야간 또는 기상조건

등의 환경적 변화와 관계없이 항상 도로 이용자에게 필요한 정보를 정확하게 제공할 수 있어야 한다. 노면표시 중 차선은 운전자에게 주행 중인 차량의 방향성을 제시

해주며, 차량의 속도를 감지하거나 차량 간 안전한 간격을 유지할 수 있도록 도와주는 중요한 교통안전시설로, 특히 야간 또는 우천시 조명이 없는 곳에서의 시인성 확보가 필수적이다.

차량 전조등의 빛이 비추었을 때 그 빛이 반사되어 운전자에게 돌아가게 되는 것을 재귀반사라 하며, 차선의 재귀반사성능이란 차량의 전조등에서 노면표시 방향으로 들어온 빛이 단위면적당 반사되는 크기($mcd/m^2 \cdot Lux$)를 말한다. 이 성능이 높을수록 운전자의 차선에 대한 식별도가 높아진다는 것을 의미한다.

즉, 차선의 시인성은 차선의 재귀반사성능이 높을수록 좋아지며, 이를 통해 야간 또는 우천시의 교통사고 감소 효과를 기대할 수 있다. 이에 따라 각 도로 환경에 맞는 재귀반사성능이 좋은 차선을 제공하기 위한 많은 연구들이 존재했다. 특히 백색차선이 황색차선보다 재귀반사성능, 시인거리, 경제성 등이 우수하다는 연구결과들이 있었으며, 이를 토대로 국내 고속도로의 백색 중앙분리대 측 실선 도입이 고속도로 교통사고를 감소시키는 데 효과가 있는지에 대한 연구가 필요하다고 판단되었다.

특히 백색 중앙분리대 측 실선의 경우 OECD 34개국 중 우리나라를 포함한 미국과 캐나다 3개 국가를 제외한 나머지 31개 국가가 모두 이미 적용하고 있음에 집중할 필요가 있다. 이 중 노르웨이의 경우 중앙분리대가 있는 고속도로에서는 백색 실선을 적용하고, 중앙분리대가 없는 경우 황색 중앙차선을 적용하고 있다.

이에 대해 국내에서는 도로교통법상 중앙선은 황색으로 표시해야 한다고 규정하고 있어 문제를 제기할 수 있으나, 고속도로의 경우 중앙분리대만으로도 이미 양방향 교통류를 분리하는 중앙선의 개념이 성립되기 때문에, 고속도로 중앙분리대 측의 차선을 백색으로 변경하는 것에 있어서 법적 오류가 존재하지 않는다.

또한, 이미 고속도로 터널구간, 램프, 교량 등 상·하행 방향이 분리되어 있는 구간에서만 백색 실선을 적용하고 있었다. 이와 같이 백색 실선이 기적용된 분리구간은 전국 고속도로 총 연장 3,871.8km 중 약 21.1%로 총 817.3km이었다. 이에 한국도로공사에서는 기적용된 분리구간을 제외한 본선 구간 중 중앙분리대가 설치된 고속도로의 중앙 차선의 색상을 황색에서 백색으로 변경하는 시범사업을 추진하였다.

1.2. 연구 방법

현재 백색 중앙분리대 측 실선은 제2중부선(산곡JCT~마장JCT, 31km)과 경부선(대전IC~부산IC, 영천-언양 확대구간 제외, 216.5km)에 설치 및 시범운영 중에 있다.

본 연구는 제2중부선을 분석 대상으로 선정하였으며, 고속도로 백색 중앙분리대 측 실선의 사고감소효과를 도출하고자 사전·사후 분석방법(Before-and-After Study, BAS) 중 Hauer(1997)의 비교그룹방법(Comparison Group Method, C-G Method)을 수행하였다. 분석 시 전체사고 뿐 아니라 백색 중앙분리대 측 실선의 시인성 증진의 효과를 평가하기 위하여 야간, 우천시, 중앙분리대 추돌사고에 대한 각각의 사고데이터를 구축하여 위의 방법을 수행하였다.

2. 고속도로 야간 및 우천시 교통사고 발생현황

본 장에서는 최근 3년간(13~15) 고속도로의 야간 및 우천시 사고 현황에 대한 분석결과를 나타내었다. 사고 자료는 한국도로공사에서 제공하는 내부 자료를 활용하였으며, 이 중 88올림픽선, 광주대구선, 당진상주선, 부산포항선, 청주상주선의 경우 미집계 데이터가 존재하는 노선들을 제외한 나머지 전체 고속도로 사고에 대하여 분석을 실시하였다.

2.1. 고속도로 야간 교통사고 현황

고속도로 야간 교통사고는 발생건수 및 사망자수 모두 감소추세에 있으나 사망자수의 경우 2014년 이후 다소 증가하였다. 반면 주간 교통사고의 경우 2013년에서 2014년 사이에 발생건수 및 사망자수 모두 증가하였지만 2015년에는 약 100명가량 감소하였다.

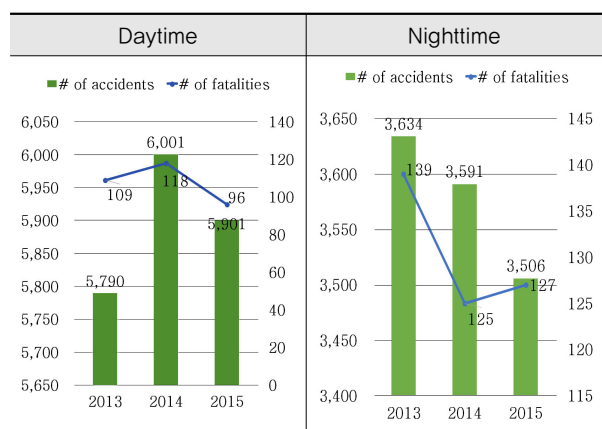


Fig. 1 Daytime/Nighttime Accidents (13~15)

Fig. 2의 고속도로 사고의 주야간 비율을 살펴보면, 사고 발생률은 주간이 더 높지만, 사망자수 발생 비율은 야간이 더 높게 나타난 결과를 확인할 수 있다. 이는 야간 교통사고는 주간 교통사고에 비해 줄음, 속도가 높은 운전자의 주행이 더 많으며, 또한 시인성 저하 등의 위험한 도로환경요인에 더 노출되기 때문인 것으로 판단된다.

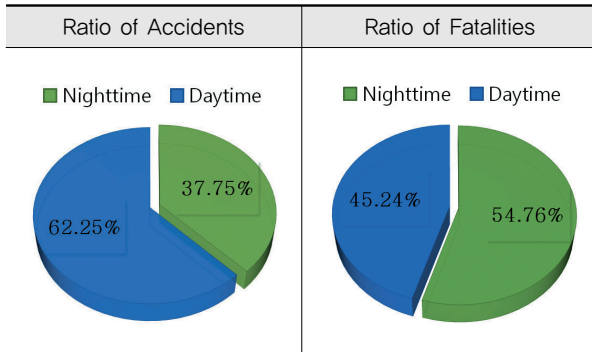


Fig. 2 Comparison with Average Ratio of Accidents /Fatalities ('13~'15)

2.2. 고속도로 우천시 교통사고 현황

최근 3년간 맑은 날의 고속도로 교통사고는 사망자수 는 꾸준히 감소하는 모습을 나타냈으나, 사고 발생현황 을 보면 2014년 이후 다소 증가하는 모습을 나타냈다. 반면 우천시 교통사고의 경우 지속적으로 발생건수가 증가하여 2015년에 2,000건을 넘어섰으며, 사망자수의 경우 3년간 증감을 통해 결국은 같은 수준을 유지하는 결과를 나타냈다.

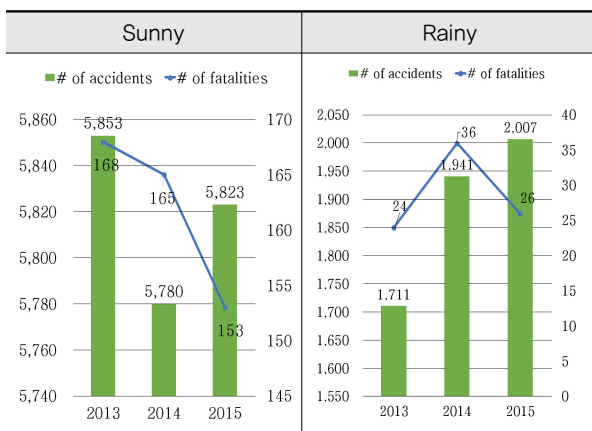


Fig. 3 Sunny/Rainy Accidents ('13~'15)

특히 야간시간대의 우천시 사고의 경우 3년간 사고건 수 및 사망자수 모두 지속적으로 증가추세를 나타냈는데, 이는 우천시에 야간시간대의 사고 요인 중 특히 도

로환경요인인 시인성, 노면상태 등의 영향을 더욱 증대 시키는 환경이 만들어지기 때문이다.

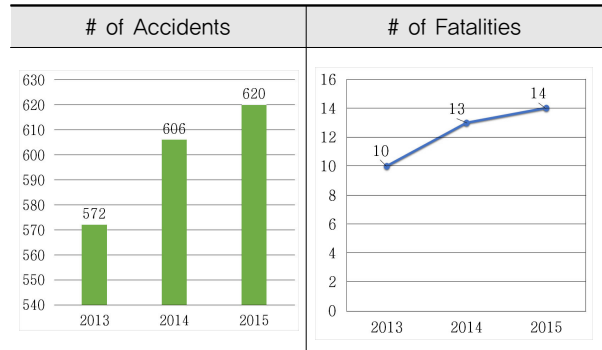


Fig. 4 Rainy and Nighttime Accidents ('13~'15)

본 장에서의 고속도로 야간 및 우천시 교통사고 분석 결과를 살펴보면 전반적으로 사고가 증가추세에 있으며, 이에 따른 사고 요인 분석과 대책이 필요할 것으로 판단된다. 이에 따라 국내에서는 야간 및 우천시 사고의 도로환경요인 중 하나인 차선의 시인성에 대한 개선사업 중 하나로 백색 중앙분리대측 실선을 도입한 것이며, 본 연구에서는 이러한 백색 중앙분리대측 실선에 대한 사고감소효과를 평가하고자 한다.

3. 선행연구

차선의 공용기간, 교통량, 도로, 도로환경 등에 따른 시인성과 관련된 연구들과 이러한 차선의 시인성을 증진시켜 얻을 수 있는 교통사고 감소 효과에 대한 여러 연구들이 진행되어 왔다. 본 연구의 목적은 고속도로 백색 중앙분리대측 실선의 사고감소효과를 도출하는 것에 있으며, 이에 따라 차선의 시인성에 대한 연구와 시인성 증진과 교통사고와의 관계에 대한 연구를 중심으로 관련 문헌 고찰을 수행한다.

3.1. 차선의 시인성과 관련된 특성 비교 연구

한국도로공사(2015)는 시인성 향상을 위하여 중앙분리대측 실선을 황색에서 백색으로 변경 시 운전자의 심리상태에 영향을 주는지에 대해 시뮬레이션 가상 주행 실험을 실시하였다. 노면포장 종류, 차선색상(백색, 황색), 주야간으로 구분하여 총 8가지 시나리오로 구성하여 실험하였다. 연구 결과 중앙분리대가 있는 고속도로에서 실선을 황색에서 백색으로 변경하여도 차량의 주행패턴이나 운전자의 심리적 상태에 영향을 주지 않기 때문에 운전자의 혼란이 야기되지 않는다고 하였다.

이창근 외(2012)는 우천시에는 수막에 의해 Glass Beads에 빛의 재귀반사가 잘 이루어지지 않아 차선 반사성능이 떨어져 차선의 시인성이 감소한다고 하였다. 이에 따라 굴절률이 2.2 이상인 Glass Beads를 활용하여 야간 우천시 시인성을 향상시키고자 Elements화한 Wet전용 Elements를 사용한 결과 Wet 재귀반사성능이 Dry 한계 재귀반사성능 기준인 $100\sim 150\text{mcd}/\text{m}^2\cdot\text{Lux}$ 이상을 구현하였다. 즉, 야간 우천시 차선의 시인성을 확보함으로써 사전 인지 시간(Preview Time)과 감지거리(Detection Distances)를 길게 가져갈 수 있음으로써 교통사고 발생확률을 줄일 수 있을 것이라 판단했다.

오홍운(2007)은 백색차선과 황색차선의 공용기간(1개월~12개월 이상)에 따른 차선반사성능 변화를 비교하였다. 시간이 흐름에 따라 두 차선 모두 반사성능이 감소되고 있으나, 공용기간이 12개월 이상 지났음에도 백색차선이 황색차선보다 높은 반사성능을 유지하고 있다고 하였다.

3.2. 차선의 시인성 증진에 따른 교통사고 연관성 분석

Carlson et al(2015)는 횡단면 분석(Regression Cross-section) 차선의 밝기가 밝아질수록 사고건수가 감소하는 특성이 있다고 하였다. 백색 및 황색차선의 노면표시 반사성능이 $175\text{mcd}/\text{m}^2\cdot\text{Lux}$ 이상일 경우 교통사고가 14.8% 감소하며, 백색차선이 $250\text{mcd}/\text{m}^2\cdot\text{Lux}$, 황색차선이 $175\text{mcd}/\text{m}^2\cdot\text{Lux}$ 이상일 경우 교통사고가 28.3% 감소한다고 하였다.

IOWA State Univ.(2010)은 IOWA 주의 주도로에서 5년간 노면표시 반사성능에 대한 자료를 수집하여 교통사고와의 관계에 대한 분석을 실시하였다. 수집된 자료를 토대로 교통사고를 종속변수로 하고 도로형태, 차선수, 교통량, 노면표시 반사성능 값을 독립변수로 하여 회귀분석을 실시하였다. 그 결과 길가장자리구역선(신뢰수준 90%)과 중앙선(신뢰수준 99%) 모두 노면표시 반사성능 값이 감소할수록 교통사고가 증가하는 것으로 나타났다.

Smadi et al(2008)는 노면표시의 반사성능 값이 $200\text{mcd}/\text{m}^2\cdot\text{Lux}$ 이하일 때, 다차로 고속도로와 2차로 도로 모두 중앙선과 길가장자리선의 반사성능 값이 낮을수록 사고발생 가능성이 높아진다는 관계가 유의하게 성립한다고 하였다. 그러나 다차로도로의 차로구분선은 사고발생에는 영향을 미치지 않는다고 하였다.

FHWA(2002)는 노면표시의 시인성 증진을 통해 야간 교통사고를 감소시킬 수 있으며, 특히 부상이나 물피 사고보다는 사망사고 감소에 더욱 영향을 줄 수 있다고

하였다. 또한 노면표시 반사성능 값이 장기간 동안 높게 지속되는 지역의 단일로 구간에서 노면상태가 건조할 경우 야간시 교통사고가 11% 감소한다고 하였다.

4. 백색 중앙분리대측 실선 설치에 따른 사고 감소효과 분석

4.1. 사전·사후 분석방법(Before-and-After Study)의 목적

사전·사후 분석방법(Before-and-After Study, BAS)는 어떠한 지점 또는 구간에 사업이 시행되지 않았을 때의 예측 사고건수와 실제 관측된 사후 사고건수를 비교하여 사업 시행의 효과도를 추정하는 방법이다. 이 방법을 통하여 고속도로 백색 중앙분리대측 실선의 설치를 통해 얻을 수 있는 사고감소효과의 유무와 그 효과정도를 분석하고자 한다.

4.2. 사전·사후 분석방법 개요 및 방법론 선정

교통안전시설물의 사고감소 효과분석에 주로 사용되는 사전·사후 분석방법은 단순사고비교방법(Naive before-and-after study, N)과 한쌍비교방법(Yoked-Group Method, YG)과 비교그룹방법(Comparison-Group Method, CG), 경험적 베이지 방법(Empirical Bayesian Method, EB) 등이 있다.

단순사고비교방법은 교통사고의 전이현상, 분석기간 중 해당 도로구간의 여건 변화를 반영하지 못하는 등의 문제로 사고효과의 과대추정이 우려될 수 있어 분석의 신뢰도가 낮아 본 연구로의 적용을 배제한다. 이와 반대로 경험적 베이지 방법(EB)의 경우 분석의 신뢰도가 높으나, 분석에 요구되는 자료가 많고 교통사고예측모형 구축이 필요하다. 하지만 백색 중앙분리대 측 실선 설치 구간은 제2중부선과 경부선 일부구간뿐이라 설치 사례가 충분하지 않으며, 또한 최근에 준공하여 적용 기간이 짧아 사고 자료가 불충분하여 교통사고 예측모형 구축에 어려움이 존재한다. 이에 따라 경험적 베이지 방법(EB)은 백색 중앙분리대측 실선의 사고감소 효과분석에의 적용이 어렵다. 또한 한쌍비교방법(YG)는 비교대상이 한 지점에 의존하여 오류가능성이 높다. 그러나 비교그룹방법(CG)는 다수의 비교그룹을 비교 대상으로 선정하여 한 지점에 의존하는 한쌍비교방법(YG)의 오류를 보완할 수 있다. 따라서 백색 중앙분리대측 실선 설치를 통한 교통사고 감소효과에 대한 분석을 위한 방법론은 비교그룹방법(CG)으로 선정한다.

4.3. 비교그룹방법(Comparison-Group Method)

비교그룹방법(Comparison-Group Method, CG)은 여러 개의 비교구간을 선정하여 분석하는 방법으로 교통사고 변화의 일반적 추세와 외부변화 요인에 의한 오류를 극복하기 위한 방법이다. 비교그룹방법은 한 지점을 선택함으로써 발생할 수 있는 오류를 보완할 수 있다는 장점이 있으나, 평균으로의 회귀(Regression to Mean)와 관련된 오차가 존재하며 유사한 특성을 가진 비교지점을 찾기 어렵다는 문제점을 갖고 있다. 이와 같은 비교그룹방법의 단점을 최소화시키고자 분석대상 구간인 제2중부선과 유사한 구간 길이, 차로수, 교통량 변화 패턴 등의 특성을 가진 비교구간을 선정하도록 한다.

본 연구에서는 다양한 형태로 제안되어 있는 비교그룹방법 중 Hauer(1997)가 제안한 비교그룹방법을 활용하여 백색 중앙분리대측 실선이 고속도로 교통안전에 미치는 효과를 분석하고자 한다. Hauer의 비교그룹방법은 사업이 시행되지 않았을 경우 예측되는 교통사고 사고건수와 사업이 시행된 실제 사후에 일어난 교통사고 사고건수를 비교하는 방법이다.

우선 비교그룹방법 분석을 시행하기에 앞서 분석대상 그룹과 비교대상그룹의 사전·사후 사고건수 값을 다음 Table 1과 같이 정리한다.

Table 1. Accidents Coding

(unit : # of accidents)

	Treatment group	Comparison group
Before	K	M
After	L	N

Table 1의 형식에 따라 그룹별 사고건수를 정리한 후, 다음 Table 2의 내용에 따라 정리된 사고건수의 비

Table 2. Comparison-Groups Method (Hauer, 1997)

C-G Method	Equation	
Step 1	$\hat{\lambda}$ \hat{r}_c $\hat{\pi}$	$\hat{\lambda} = L$ $\hat{r}_c = (N/M)/(1+1/M)$ $\hat{\pi} = K \times \hat{r}_c$
	Step 2	$\omega = (K \times M) / [(L \times M) \times (1 + 1/L + 1/M)]$
		$\widehat{VAR}\{\hat{\lambda}\}$ $\widehat{VAR}\{\hat{\pi}\}$
Step 3	$\hat{\delta}$ $\hat{\theta}$	$\hat{\delta} = \hat{\pi} - \hat{\lambda}$ $\hat{\theta} = (\hat{\lambda}/\hat{\pi}) / (1 + \widehat{VAR}\{\hat{\pi}\}/\hat{\lambda}^2)$
	Step 4	$\hat{\sigma}\{\hat{\delta}\}$ $\hat{\sigma}\{\hat{\theta}\}$

교그룹방법 분석을 실시한다.

- $\hat{\lambda}$: 분석대상그룹의 사후 교통사고 건수
- \hat{r}_c : 비교대상그룹의 사업 시행 전/후의 교통사고 비율
- $\hat{\pi}$: 분석대상그룹에서 사업이 시행되지 않았다는 가정 하에 추정된 사후 교통사고 건수
- ω : 사업 시행 이전과 이후의 사고율을 분석대상그룹의 사고와 비교대상그룹의 사고를 비교하여 계산함
- $\hat{\delta}$: 교통사고 감소건수
- $\hat{\theta}$: 교통사고 감소율

Table 2에 따라 비교그룹방법 분석을 실시한 후, 사고감소효과를 평가할 때 Step 3의 $\hat{\delta}$ (교통사고 감소건수) 또는 $\hat{\theta}$ (교통사고 감소율)을 이용한다. " $\hat{\delta} > 0$ "일 경우 사업시행에 대한 사고감소효과가 있다고 해석하며, 반대로 " $\hat{\delta} < 0$ "이면 효과가 없다고 해석한다. 또한 " $\hat{\theta} < 1$ "일 경우 사업시행에 대한 사고감소효과가 있다고 해석하며, " $\hat{\theta} > 1$ "일 경우 사고감소효과가 없다고 해석한다.

4.4. 분석대상 구간 선정 및 교통 사고자료 수집

우선 분석대상 구간인 제2중부선의 공사기간(2014년 9월~10월)을 기준으로 월별 및 계절별 특성을 일치시킬 수 있도록 사전 및 사후기간을 설정하였다. 제2중부선의 사전·사후 분석기간은 10개월이며 사전은 2013년 11월~2014년 8월, 사후는 2014년 11월~2015년 8월로 설정하였다.

제2중부선의 유사구간 선정기준의 내용은 비교그룹방법을 적용한 기존 연구사례를 조사한 결과를 바탕으로 도출하였으며, 연장, 차로수 등과 같은 기하구조, 진출입구 유무, 3일 이상의 교통차단 유무 등의 교통여건, 교통량 증감 패턴의 유사성(12~15), 사고건수의 변화(12~15) 등을 본 연구의 유사구간 선정기준으로 최종 결정하였다. 유사구간을 선정하기 위한 고속도로 각 구간의 특성에 대한 데이터와 사고 데이터는 한국도로공사 내부 자료를 활용하였다.

위에서 결정한 유사구간 선정기준을 고려하여 최종 선정된 구간은 Table 3과 같으며 총 4개의 유사구간, 즉 비교그룹을 선정하였다. 그러나 유사구간을 선정하는 부분에 있어 모든 조건을 완벽하게 만족시키는 유사구간을 선정하기에는 현실적으로 어려움이 있어, 유사구간 선정기준을 가장 크게 만족시키는 4개의 구간으로 선정하였다.

Table 3. Treated and Comparison Site

Classification	Segment	Length (km)	Lane	# of Ramp	Road blocking over 3 days	AADT(vph)				Pattern change in AADT	Ratio of heavy vehicle	Change in accidents	
						2012	2013	2014	2015				
Treatment Group	JungBu-2	Sangok JCT ~ Majang JCT	31.1	4	0	no	60,617	59,428	60,462	63,170	+	25.4%	▼3
Comparison Group	Iksan-Pohang	SoyangIC~ JinahnIC	26.3	4	0	no	10,816	11,448	11,736	11,503	+	44.0%	-
	Jungang	HoengsungIC~ HongChun IC	25.6	4	0	no	15,588	15,872	15,730	17,542	+	28.8%	▼2
	Seohaean	HampyungIC~ YoungKwang IC	24.3	4	0	no	9,612	10,872	10,003	10,394	+	34.6%	-
	NamHae	JangHeungIC~ BoSeong IC	22.9	4	0	no	6,874	8,507	9,007	8,933	+	28.3%	▼3

Table 4. Classification Standard for Accident Data

Classification	Standard
Spot of accidents	Only main line (Shoulder of highway is not included)
Main factor of accidents	About car factor is not included
Road environment	Falling objects or pothole is not included
Driver condition	Drunken condition

위의 Table 4에 따라 분류한 제2중부선과 비교그룹의 사고현황은 다음 Table 5와 같다. 제2중부선은 4개 부문(전체, 야간, 우천시, 중앙분리대 추돌) 모두 백색 중앙분리대측 실선을 설치한 후 사고건수가 감소하였다. 비교그룹의 각각 유사구간의 사고증감은 부분별로 다양하게 나타났으며, 특히 야간사고의 경우 제2중부선은 3건이 감소하였으나, 비교그룹은 각 유사구간 중 3개 구간이 모두 증가추세였으며, 그 총합은 7건이 증가하였다.

본 연구에서는 백색 중앙분리대측 실선의 사고감소 효과를 세밀하게 분석하기 위하여 전체 사고건수 뿐만 아니라 야간 사고건수, 우천시 사고건수, 중앙분리대 추돌 사고건수에 대한 사고 자료를 각각 구축하였다. 야간 및 우천시, 중앙분리대 추돌사고에 대한 분석을 통해 백색 중앙분리대측 실선 설치를 통한 운전자의 시인성 증진에 따른 사고감소효과의 영향을 볼 수 있다고 판단하였다. 중앙분리대 추돌 사고의 경우 한국 도로공사에서 제공하는 사고 자료의 사고개요를 바탕으로 추출하였다. 또한 차선 시인성 증진에 대한 사고 감소효과에 대한 결과를 좀 더 신뢰성을 높여 파악하기 위하여 사고 자료를 Table 5와 같은 기준으로 분

류하였다.

비교그룹방법에서는 사전 교통사고 건수가 0건일 때 분석을 하지 못한다는 한계점이 있으나, Harwood et. al.(2002)는 비교그룹방법을 적용한 선행연구에서 사고 건수가 0건인 경우 0.5건으로 대체하여 분석하였다. 또한 문승라와 이영인(2013)은 사고건수가 0건인 것을 일괄적으로 0.5건으로 대체하여 분석하였으며 이로 인한 결과 값의 편이는 어느 정도 존재할 수 있으나 결과의 방향성과 일관성에 문제가 없다고 하였다. 본 연구에서도 선행연구에 따라 우천시 1구간의 사전 사고건수가 0건인 것은 0.5건으로 대체하여 입력하여 분석을 실시하였다.

Table 5. Accidents in Treat Site and Comparison Sites

(unit : # of accidents)

Classification	Treatment group	Comparison group					
		No.1	No.2	No.3	No.4	Sum	
Total	Before	32	12	22	11	11	56
	After	25	17	14	10	10	51
	(After-Before)	▼7	△5	▼8	▼1	▼1	▼5
Nighttime	Before	13	3	6	6	3	18
	After	10	9	4	8	4	25
	(After-Before)	▼3	△6	▼2	△2	△1	△7
Rainy	Before	7	0 (0.5)	7	1	3	11
	After	5	2	7	2	2	13
	(After-Before)	▼2	△2	-	△1	▼1	△2
Rear-and-collision to median strip	Before	7	1	9	6	6	20
	After	5	3	8	4	4	19
	(After-Before)	▼2	△2	▼1	▼2	▼2	▼1

4.5. 백색 중앙분리대측 실선 사고감소효과 분석

앞서 언급한 Table 2의 순서에 따라 비교그룹방법 분석을 실시한 결과, 4개의 부문별 사고(전체, 야간, 우천시, 중분대 추돌) 모두 “ $\hat{\delta} > 0$ ”와 “ $\hat{\theta} < 1$ ”의 기준을 만족하였으며, 이에 따라 백색 중앙분리대측 실선의 설치에 따른 사고감소효과가 있다고 판단할 수 있었다.

분석결과에 대한 내용인 Table 6를 살펴보면, 전체 사고건수에 대한 사고감소효과 분석결과, 10개월간 3.63건의 감소효과, 1년으로 환산 시 연간 약 4.36건 감소하는 효과를 볼 수 있다. 야간 사고, 우천시 사고, 중분대 추돌 사고에 대한 분석결과 각각 10개월간 7.11건(연간 약 8.53건), 2.28건(연간 약 2.74건), 1.33건(연간 약 1.60건)의 사고감소효과를 나타냈다.

사고 감소율의 경우 각 부문별 사고 감소율이 전체 사고에 대한 감소율보다 더 큰 감소율을 보여야 실질적으로 효과가 있다고 판단할 수 있다. 분석결과 백색 중앙분리대측 실선에 의한 전체 사고건수의 감소율은 27.29%로 야간, 우천시, 중분대 추돌 사고건수의 감소율이 각각 약 70%, 55%, 49%로 더 큰 값으로 나타나, 백색 중앙분리대측 실선 설치에 대한 사고감소효과가 존재함을 알 수 있었다.

Table 6. Accident Reduction Effects Using Comparison-groups Method

Classification	Total	Nighttime	Rainy	Rear-and-collision to median strip
$\hat{\lambda}$	25	10	5	5
\hat{r}_c	0.895	1.316	1.040	0.905
$\hat{\pi}$	28,632	17,105	7,280	6,333
$\widehat{VAR}\{\hat{\lambda}\}$	25	10	5	5
$\widehat{VAR}\{\hat{\pi}\}$	164,711	270,681	28,239	21,433
$\hat{\delta}$	3.632	7.105	2.280	1.333
$\hat{\theta}$	0.727	0.304	0.448	0.515
Reduction (# of accidents)	3.63	7.11	2.28	1.33
Reduction (%)	27.29%	69.63%	55.19%	48.55%

5. 결론 및 향후과제

국내 도로교통법상 중앙선은 황색으로 설치하여 반대방향의 이동류를 분리해야 한다. 그러나 중앙분리대가 설치되어 있는 고속도로의 경우 중앙분리대가 이미 중

양선의 역할을 하고 있기 때문에 중앙분리대측 차선은 운전자의 시인성 향상을 위하여 백색으로 설치해도 무방하다.

본 연구는 제2중부선을 대상으로 하였으며 중앙분리대측 실선을 백색으로 설치하여 얻을 수 있는 교통사고 감소효과를 도출하고자 하였다. 특히 황색에서 백색으로의 차선 도색 변경을 통한 시인성 개선으로 얻을 수 있는 사고감소 효과 정도를 파악하기 위하여 전체 사고에 대한 사고 감소효과 뿐 아니라 야간 및 우천시, 그리고 중앙분리대 추돌사고에 대한 사고 감소효과 또한 도출하였다. 이를 도출하기 위한 적합한 방법론으로 Hauer의 비교그룹방법(CG)를 선정하였으며, 비교그룹방법 분석을 위해 제2중부선의 유사구간으로 4개 구간을 선정하고 분석을 실시하였다.

분석결과 백색 중앙분리대측 실선은 전체사고 뿐 아니라, 야간 및 우천시, 그리고 중앙분리대 추돌사고의 발생건수를 감소시키는데 긍정적인 효과를 나타내는 것을 알 수 있었다. 특히 야간시의 교통사고 사고건수를 감소시키는데 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

그러나 각 부문별 사고 분석결과를 살펴보면 야간사고 약 70%, 우천시 사고 약 55%, 중앙분리대 추돌사고 약 49% 감소효과가 나타나 실제 현실적으로 예상되는 결과보다 과잉 추정되는 결과가 나타났다. 이는 백색 중앙분리대측 실선이 설치된 지 얼마 되지 않아 분석기간이 짧아서 발생한 사고자료 부족의 문제로 보여 상대적으로 참고하는게 바람직하다.

향후 제2중부선 뿐 아니라 경부선 일부구간까지 자료의 범위를 확대하여 분석의 신뢰도를 높일 필요성이 있으며, 또한 백색 중앙분리대측 실선을 도입함으로써 전체 사고 뿐 아니라 차선의 시인성 개선을 통한 야간 및 우천시, 중앙분리대 추돌과 같은 특정 유형의 사고에 대한 사고감소효과를 더욱 세밀하게 분석하기 위한 노력이 필요할 것으로 판단된다.

또한 본 연구에서는 비교그룹방법의 단점인 유사구간 선정에 있어서 한계가 존재하였다. 진·출입구 없이 길이가 긴 구간인 제2중부선의 특성과 맞으면서 분석기간에 줄임선폴 설치 등 타 사업이 진행되지 않는 구간을 선정하는 부분에 있어서 어려움이 있었다. 또한 교통량의 경우 교통량의 증감 패턴의 유사성을 기준으로 유사구간을 선정하였으나, 위의 내용과 같은 한계점으로 인하여 교통량의 수치까지 완벽하게 맞는 유사구간을 선정하기에 어려움이 있었다. 향후 백색 중앙분리대측 실선 관련 연구에서는 경부선 일부구간까지 자료 범위를

확대하여 유사구간 선정 시의 조건을 더욱 만족시킬 수 있는 구간들을 선별할 수 있을 것이라 판단되며, 이를 통해 본 결과의 신뢰성을 높일 수 있는 연구 결과가 나타날 것이라 기대한다.

REFERENCES

- FHWA(2002), Minimum Maintained Retroreflectivity Guide Lines.
- Hauer E. (1997), *Observational Before-After Studies in Road Safety*, Pergamon/Elsevier Science Inc., Tarrytown, New York.
- IOWA State University.(2010), *Pavement Markings and Safety*., IHRB Project TR-580.
- Korean Expressway Corporation ReSearch Institute(2015), *Development of Virtual Expressway Environment and the Driving Experiment*.
- Korea Road Traffic Authority Traffic Science Institute(2013), *Study on Pavement Marking Retroreflectivity Standard(II)*.
- Kwon S. K., Lee Y. I., Cho S. J. (2012), Estimation of Traffic Accident Effectiveness of Zig-Zag Marking Using a Comparison Group Method, *International Journal of Highway Engineering*, 14(6), 149-158.
- Lee C. G., Lee H. S., Oh H. U. (2012), High Performance Glass Beads for Traffic Marking in Wet Weather, *International Journal of highway engineering*, 14(1), 9-16.
- Lee D. M., Kang J. H., Sung N. M., Chung B. J. (2007), A safety Evaluation of Shoulder Rumble Strips on Freeway Using C-G Method, *Journal of the Korean Society of Road Engineers*, 9(2), 77-87.
- Mun S. R., Lee Y. I. (2013), The Comparison Study on Observational Before-After Studies: Case Study on Safety Evaluation on Highways, *Journal of Korean Society of Transportation*, 31(6), 67-89.
- Oh H. U. (2007), Retroreflectivity Performance Characteristics Under Environmental Roadway Conditions Based on Influencing Factors, *Journal of The Korean Society of Civil Engineers*, 27(3D), 289-295.
- Park K. Y., Kim T. H., Kim S. W., Lee S. B. (2006), Comparing the Effectiveness of Road Safety Features by Spatial Scope of Safety Improvement Project, *Journal of Korean Society of Transportation*, 24(4), 31-42.
- P C., Avelar R., Park E., Kang D. (2015), Nighttime Safety and Pavement Marking Retroreflectivity on Two-Lane Highways: Revisited with North Carolina Data". Presented at the 94th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 15-5753
- Smadi O., Souleyrette R. R., Ormand D. J., Hawkins N. (2008), Pavement Marking Retroreflectivity Analysis of Safety Effectiveness, *Transportation Research Record(2056)*, 17-24.
- Yun I. S., Park S. H., Oh B. S., Oh Y. T. (2011), Study of the Effect of the Point-to-Point Speed Enforcement System Using a Comparison-Group Method, *Journal of the Korean Society of Road Engineers*, 13(4), 177-185.