

교차로에서의 도로·교통안전시설물의 교통사고 감소효과도 추정

윤여일² · 이수범^{1*} · 임준범¹ · 박길수² · 문정식²

¹서울시립대학교 교통공학과, ²도로교통공단 교통사고종합분석센터

Estimating Traffic Accident Reduction Effect of Road Safety Facilities in Intersections

YOON, Yeo Il² · LEE, Soo Beom^{1*} · LIM, Joon Beom¹ · PARK, Kil Soo² · MOON, Jeong Sik²

¹Department of Transportation Engineering, University of Seoul, Seoul 02504, Korea

²Traffic Accident Analysis Center, Road Traffic Authority, Gangwon 26466, Korea

*Corresponding author: mendota@uos.ac.kr

Abstract

Accident Black Spot Improvement Project is the representative road safety intervention to eliminate environmental risk factors on the roadway by installing road safety facilities. Although it is one of the main road safety projects in Korea, there has been a lack of effort analyzing the traffic accident reduction effects of this project. In this study, therefore, we selected 4,171 road black spots from 2004 to 2013 and investigated the traffic accident reduction effects of 5 road safety facilities by using "Comparison Group(C-G)" method. Through the analysis, it was found that the number of traffic accidents were lowered by 4.45% with traffic islands, 32.17% with road paved markers, and 24.13% with speed cameras, respectively. However, 0.61% with pedestrian fencing and 1.67% with skid resistant pavement were increased on the other hand. In addition, we also analyzed traffic accident reduction facilities' performance on specific types of collision mentioned in manual on road safety facilities by Ministry of Land, Infrastructure and Transport. It was shown that the number of bad weather traffic accidents were reduced by 52.96% with road paved markers, pedestrians accidents were reduced by 62.77% with pedestrian fencing and rear-end collisions were reduced by 26.00% with skid resistant pavement.

Keywords: accident black spot improvement project, comparison group method, intersection accident, road safety facilities, traffic accident reduction effects

초록

교통사고 잦은 곳 개선사업은 교통사고 예방을 위하여 도로상에 도로안전 관련 시설물을 설치함으로써 도로 환경적 요인에 대한 결함을 제거하는 대표적 교통안전개선사업이다. 그러나 개선사업으로 인해 설치된 각 시설물들에 대한 효과평가에 대한 연구는 미비하였다. 따라서 본 연구에서 도로·교통안전 관련 시설물의 교통사고 감소효과도를 추정하기 위하여 최근 2004년부터 2013년까지 교통사고 잦은 곳 개선사업 공사가 완료된 4,171개 지점을 대상으로 비교그룹방향을 활용하여 5가지 시설물에 대한 교통사고 감소효과도를 추정하였다. 분석 결과, 전체 교통사고에 대해서는 교통섬 4.45%, 표지병 32.17%, 과속단속카메라 24.13% 사고감소 효과를 나타냈으며, 반면 무단횡단금지시설 0.61%, 미끄럼방지포장은 1.67% 만큼 증가한 것으로

J. Korean Soc. Transp.
Vol.35, No.2, pp.129-142, April 2017
<https://doi.org/10.7470/jkst.2017.35.2.129>

pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

Received: 23 September 2016

Revised: 26 December 2016

Accepted: 26 April 2017

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.

나타났다. 또한 표지병, 무단횡단금지시설, 미끄럼방지포장과 같이 국토교통부의 「도로안전시설 설치 및 관리지침」에서 특정유형의 교통사고 예방에 효과가 있다고 언급된 시설물들의 교통사고 감소효과도를 추가적으로 분석하였다. 그 결과, 표지병은 악천후 시 교통사고에 대해서 52.96%, 무단횡단금지시설은 차대보행자 교통사고에 대해서 62.77%, 미끄럼방지포장은 추돌사고에 대해서 26.60%의 순수 교통사고 감소효과가 있는 것으로 분석되었다.

주요어: 교통사고 잦은 곳 개선사업, 비교그룹 방법, 교차로 교통사고, 도로안전시설물, 교통사고 감소효과

서론

1. 연구배경 및 목적

일반적으로 교통사고의 원인을 크게 도로 환경적, 인적, 차량적 요인 3가지로 분류할 수 있으며, 상기 요인이 가지고 있는 결함을 제거함으로써 교통사고를 줄이는데 기여할 수 있다. 특히, 도로 환경적 요인을 제거하기 위해서는 도로상에 적절한 도로안전 관련 시설물을 설치하는 것이 매우 중요하며, 이와 관련된 국내 교통안전사업으로는 대표적으로 교통사고 잦은 곳 개선사업이 있다.

교통사고 잦은 곳 개선사업은 교통사고가 일정기준 이상 발생하는 지점의 도로 환경적 요인에 대한 심층 현장조사 및 원인분석을 통해 맞춤형 개선대책을 수립하는 사업이다. 그 동안 본 사업을 통해 개선공사가 완료된 14,487개 지점 및 구간을 분석해본 결과, 교통사고 발생건수는 196,324건에서 140,430건으로 28.5% 감소하였으며, 사망자 수는 개선 전 3,805명에서 개선 후 2,152명으로 43.4% 감소하였으며, 사상자 수는 개선 전 182,289명에서 개선 후 131,411명으로 27.9% 감소하였다(KoROAD, 2015).

이렇듯 교통사고 감소 효과가 입증된 사업임에도, 국가가 본 사업에 투입할 수 있는 예산에는 현실적인 한계가 있어 이를 지속적으로 확대할 수 없는 실정이다. 그렇기 때문에 기본 개선설계를 수행할 때 투입예산 대비 가장 효율성이 높은 도로안전 관련 시설물이 선정되어야 하나, 개별 시설물들의 사고감소 효과와 관련된 국내 연구 실적이 미비하기 때문에 활용 가능한 자료가 많지 않다. 그래서 지금까지는 국외에서 활용되었던 자료를 참고하거나 설계담당자의 주관적인 판단과 경험에 따라 시설물을 설치해왔다.

이러한 설계방식은 교통사고를 줄이는 긍정적인 효과로 나타나기도 하지만, 오히려 교통사고의 증가를 초래하는 부정적인 결과를 가져 올 수도 있기 때문에 무엇보다 시설물의 교통사고 감소효과도를 추정하여 자료화하는 일이 매우 중요하다고 판단된다. 특히 교통사고 감소효과도 추정 시 안전시설물 설치이외의 다른 요인에 의해 발생하는 교통사고 감소 효과를 배제한 순수 효과도 산정이 필요할 것이다. 본 연구를 통한 결과물은 교통사고 잦은 곳 개선사업 기본 개선설계시 어떠한 도로안전 관련 시설물을 설치 할 것인지에 대한 객관적인 근거가 될 수 있을 뿐 아니라 본 사업과 유사한 국내 타 교통안전사업에 참고자료가 될 수 있을 것이다.

2. 연구내용

본 연구에서는 첫 번째로 기존 국내·외 연구에서 제시된 교통관제시설 및 도로·교통안전시설물들의 사고감소효과 분석 방법론과 사고감소효과 사례를 고찰하였다. 두 번째로 본 연구의 대상이 될 수 있는 교통사고 잦은 곳 개선사업에 적용되는 도로·교통안전시설물과 관련 변수(개선지점, 교통량, 사고건수 등)들을 수집하였다. 세 번째로 각 시설물별 순수 교통사고 감소 효과도를 추정하기 위하여 이와 관련된 분석방법론 중 가장 적절하다고 판단된 방법론을 선정하고, 이를 교통사고 잦은 곳 개선사업 사례에 적용하여, 교통섬, 표지병, 과속단속카메라, 무단횡단금지시설, 미끄럼방지포장의 개별 교통사고 감소 효과도를 결과로 제시하였다.

선행연구 고찰

1. 도로교통안전시설물 사고감소효과분석 고찰

기존 국내·외에서 발표된 교통사고 감소효과에 대한 논문에 대해서 고찰하였다. 사고 잦은 곳 개선사업에서 설치 시설물로 빈도가 높은 미끄럼방지포장, 교통섬, 표지병, 과속단속카메라에 대해서 사고감소 효과분석 방법론과 감소효과, 분석자료는 Table 1과 같다.

Table 1. Analysis of accident reduction effect of road · traffic safety facilities

Facilities	Author	Method	Reduction Effect	Analysis data
Skid-Proof Facilities	Lee Soobeom (2000)	Consider the simple accident number method and redundancy effect	Traffic Accident ▼42.1%	'97 Black Spot Improvement Priorities 272 spot
	Samsung Traffic Safety Research Institute (2004)	Empirical Bayesian Method (EB)	Rear-End Accident ▼40-90%	Jeonbuk Four-lane National Highway
	Lee Dongmin (2011)	Comparison-Group Method	In the presence of a radius of curvature ▼89%, not exist ▼28%	'03-'08 Jeonbuk Route 17
Traffic Island	Kang Dongsoo (2010)	simple accident number method	Traffic Accident ▼27.7% Car to Car ▼31.4%	'99-'04 54 spot of Black Spot
Cat's Eye System	Bahar (2004)	Empirical Bayesian Method (EB)	Traffic Accident ▼10% Nighttime ▼12.7% Nighttime and Bad weather ▼23.9%	226 Roads of New York State
	Subasish Das (2013)	simple accident number method	Nighttime ▼5.3%	114 Spots of Highway
Speeding Camera	Gorell (2004)	Comparison-Group Method		77 Spots in London
	Lee Soobeom (2000)	simple accident number method	▼28%	'97 Black Spot Improvement Priorities Spots
	Choi Jaisung (2011)	Negative Binomial Regression Model	Traffic Accident ▼20%	30 Spots in Seoul and Kyonggi-do

2. 교통사고감소효과분석 방법론

본 연구에서는 실제 교통사고 건수를 활용하는 사전·사후분석을 활용하여 시설물별 순수사고 감소효과를 추정하고자 한다. 사전·사후 분석방법은 크게 단순 사전·사후 분석, 그룹비교 사전·사후 분석, 경험적 베이스 사전·사후 분석 3가지로 나눌 수 있다.

단순 사전·사후 분석은 이론적으로 어렵지 않고 적용이 용이한 방법으로 널리 알려져 있는 방법이며, 산정식은 다음과 같다(Davis, 2000).

$$\frac{(N_a - N_b)}{N_b} = 1 - \frac{N_b}{N_a}$$

여기서, N_a : 개선후 사고건수

N_b : 개선전 사고건수

그러나 시설물 설치 외에 외부요인에 의해 교통사고가 변화하는 경우를 고려하여 효과를 산출할 수 없으며, 평균으로 회귀, 교통사고전이현상 등을 고려하지 못하는 문제가 제기되어왔다(Elvik, 2002; Shen J., 2003; Hirst et al., 2004)

비교그룹방법은 단순 사전·사후 분석과는 달리 유사한 도로특성을 갖는 지점의 동일시기 교통사고건수변화를 이용하여 개선효과를 추정하는 방법이며, 산정식은 다음과 같다(FHWA, 2002).

$$1 - \frac{L}{K \times N/M}$$

여기서, L: 개선지점의 사후사고건수

K: 개선지점의 사전사고건수

N: 비교그룹의 사후사고건수

M: 비교그룹의 사전사고건수

만약 개선지점과 비교대상 그룹(또는 지점)이 무작위로 선정된다면 이 방법은 모든 외부요인들을 제외하고 순수 개선사업의 효과도를 추정할 수 있는 방법론이다. Hauer(1997)는 비교그룹이 무작위로 선정되는 것을 판단하는 조건으로 과거 사고발생특성이 개선지점과 유사하고, 사고자료가 충분해야 하고, 분석대상기간동안 개선안의 영향이 없어야 한다고 제시하였다.

경험적 베이스 사전·사후 분석은 유사한 특성을 가진 비교지점을 찾을 필요가 없으며, 평균으로의 회귀라는 문제점이 발생되지 않는 장점을 가지고 있다. 이 방법은 참조집단에서 구축된 평균사고건수 추정모형을 이용하여 해당지점 특성을 반영한 추정치를 구하고, 이를 추정치와 관측치 K를 가중평균하여 구하는 방법이며, 산정식은 다음과 같다.

$$E[k|K] = \omega E[k] + (1 - \omega)K$$

여기서, ω : 가중치

$E[k]$: 예측된 평균 교통사고건수

k: 관측교통사고건수

하지만 이론의 직관적인 이해가 어려우며 정확한 교통사고건수 예측모형 구축이 쉽지 않다는 문제점을 가지고 있다.

3. 시사점

기존 연구를 검토한 결과, 시설물의 효과분석을 위해서 비교그룹방법, 경험적베이지안방법, 단순사고건수비교 등 다양한 방법이 적용되었다. 또한 매년 다양한 지점에서 시행하는 사고찾은곳 개선사업을 대상으로 한 연구는 Lee S. B.(2000), Kang D. S.(2010)의 연구가 있었으나, 단순사고건수 비교방법으로 한 것이므로 본 논문과는 차이점이 있다.

또한 Lee S. B.(2000)의 연구에서 다양한 시설물이 복합적으로 설치되었을 경우 중복효과를 고려하기 위한 방법을 제시하였다. 개선대안과 사고유형을 매칭하여 해당 사고에 대해서만 효과를 계산할 수 있는 방법을 제시하였는

데, 본 연구에서는 이 관계를 객관적으로 증명하기가 어렵기 때문에 모든 시설물들 설치효과는 독립적이며, 중복효과가 없다고 가정하였다. 이는 순수 한 개의 시설물 효과를 산정할 수 있는 방법으로는 기존 연구와 차별성이 있다고 할 수 있다.

사고 잦은 곳 개선사업 설치시설물 사고 감소효과도 추정방법

1. 비교그룹 방법 적용개요

기존의 교통사고감소효과분석 방법론을 검토한 결과를 바탕으로, 본 연구에서는 비교그룹 방법을 통해 개별시설물 교통사고 감소효과 분석에 적용하고자 한다. Lee D. M.(2011)연구에서 단순사고건수 비교방법, 한쌍비교방법, 비교그룹방법을 모두 적용한 결과, 단순사고건수 비교방법과 한쌍비교방법은 어떠한 지점에서 발생한 사고건수가 일시적인 현상으로 발생할 수 있어 장래 교통사고의 특성은 다를 수 있다는 불확실성이 있다고 하였다. 그러나 비교그룹방법은 다수의 참조그룹을 비교대상으로 하기 때문에 이러한 편의현상을 제거할 수 있는 장점이 있다고 하였다. 비교그룹방법이 가지고 있는 가장 큰 취약점은 다수의 참조그룹을 비교대상으로 선정하는데에 어려움이다. 이러한 취약점은 교통사고 잦은 지점 개선사업의 경우 매년 개선사업을 추진하기 위해서 현장조사 및 관련 데이터들을 수집하고 있기 때문에 가능할 것으로 판단하였으며, 기존의 방법론 중에서는 가장 효과적인 방법이라고 판단하였다.

1) 비교그룹 방법론

비교그룹방법의 기본개념은 교통안전시설물이 설치되지 않은 도로 중 분석대상도로와 유사한 도로를 비교대상 도로로 선정하여 분석기간 동안의 교통 및 도로조건이 변화 등 외적요인들의 변화를 고려하여 분석대상 도로의 사고현황을 분석함에 있다. Hauer의 비교그룹방법의 계산식은 다음과 같이 제안한다(Lee D. M., 2007).

Table 2. Pre-post analysis using the comparison-group method

step1	$\hat{\lambda}$	$\hat{\lambda} = L$
	\hat{r}_c	$\hat{r}_c = (N/M)/(1+1/M)$
	$\hat{\pi}$	$\hat{\pi} = K \times \hat{r}_c$
step2	ω	$\omega = (K \times M) / [(L \times M) \times (1 + 1/L + 1/M)]$
	$\widehat{VAR}\{\hat{\lambda}\}$	$\widehat{VAR}\{\hat{\lambda}\} = \hat{\lambda}$
	$\widehat{VAR}\{\hat{\pi}\}$	$\widehat{VAR}\{\hat{\pi}\} = \hat{\pi}^2 \times (1/K + 1/M + 1/N + \widehat{VAR}\{\omega\})$
step3	$\hat{\delta}$	$\hat{\delta} = \hat{\pi} - \hat{\lambda}$
	$\hat{\theta}$	$\hat{\theta} = (\hat{\lambda}/\hat{\pi}) / (1 + \widehat{VAR}\{\pi\}/\hat{\lambda}^2)$

여기서,

K : 분석대상그룹 사전 사고건수

M : 비교대상그룹 사전 사고건수

L : 분석대상그룹 사후 사고건수

N : 비교대상그룹 사후 사고건수

$\hat{\lambda}$: 분석대상그룹의 사후 교통사고 건수

\hat{r}_c : 비교대상그룹의 사업 시행 전/후의 교통사고 비율

$\hat{\pi}$: 분석대상그룹에서 사업이 시행되지 않았다는 가정하에 추정된 사후 교통사고 건수

ω : odd ratio

$\hat{\delta}$: 교통사고 감소건수

$\hat{\theta}$: 교통사고 감소율

일반적으로 사고변화($\hat{\delta}$) 혹은 사고변화율($\hat{\theta}$)이 효과적으로 사용되며, 일반적으로 $\theta < 1$ 이면 시행된 교통안전 사업은 교통사고 감소에 효과가 있는 것으로 결론을 내린다.

2) 분석대상 시설물 자료 구축방법

비교그룹방법을 통한 교통사고 잦은 곳 개선사업을 통해 설치된 도로안전 관련 시설물의 순수 사고감소효과를 분석하기 위해서는 교통사고 잦은 곳 개선사업의 지점 관리 자료가 어떠한 구조로 이루어져 있는지에 대한 분석이 선행되어야 한다. 도로교통공단이 관리하고 있는 교통사고 잦은 곳 개선사업 공사완료 지점 데이터를 살펴보면 각 지점은 하나 이상의 도로안전 관련 시설물 설치 이력을 가지고 있으며, 최대 4개까지 관련 시설물 설치 이력이 관리되고 있다. 이를 데이터로 정리한 예시는 Table 3과 같이 나타낼 수 있다.

Table 3. Presenting the design details of improvement of black spot improvement priorities

Spot name	Design 1	Design 2	Design 3	Improved Design 4
Intersection □□	A	B	C	D
Intersection ○○	B	C	F	G
Intersection ☆☆	A	B	C	-
Intersection ◇◇	D	H	-	-

상기 표에서 □□ 교차로와 ☆☆교차로는 설계내역 4번 'D'를 제외한다면, 설계내역 1, 2, 3번이 동일하게 설치되었다. 여기서 상기 2개 교차로가 가지고 있는 도로교통조건 역시 매우 유사하다고 가정한다면, □□교차로의 전체 교통사고 감소효과는 ☆☆교차로의 비해 개선설계 4번 내역인 'D'의 교통사고 감소효과가 부가적으로 더 나타난다고 분석할 수 있다. 이때, 개선설계D는 개선설계 A,B,C와 독립성이 유지되어, 함께 설치시 발생할 수 있는 시너지 효과는 없다고 가정한다. 이러한 이론적 이해를 바탕으로 교통사고 잦은 곳 개선사업에 설치된 도로안전 관련 시설물의 순수 교통사고 감소효과 분석을 위한 자료 설계가 가능하다.

3) 비교그룹 선정 방법

비교그룹방법은 분석대상그룹과 비교할 수 있는 여러 지점을 설정하여 교통사고의 개선대책의 효과를 비교·평가하는 방법이다. 이 기법은 평가를 수행하려고 하는 시설물의 효과이외의 다른 외생변수들에 의해 사고추이가 변화될 수 있는 경우를 고려하여 시설물의 순수효과를 도출할 수 있다. 이를 위해서는 분석 대상그룹과 최대한 유사한 비교그룹을 선정하는 것이 매우 중요하다.

이론적으로 비교그룹 방법은 완전히 동일한 특성의 교차로를 선택해야 하지만 실제 현실에서 완전히 동일한 교차로를 찾는다는 것은 매우 어렵다. 그렇기 때문에 본 연구에서는 교통흐름에 영향을 줄 수 있는 대표적인 도로교통특성 인자를 교차로유형, 교차로 내부 통과길이, 차로수, 좌·우회전 교통운영방식, 교통섬 등 도류화시설 존재 여부, 제한속도로 Table 4와 같이 정의하였다.

Table 4. Classification criteria of intersection road traffic characteristics

No.	Factor	Classification detail				
1	Type of intersection	3-legs	4-leges	5-leges	roundabout	the others
2	Intersection pass length	20-30	30-40	40-50	50-60	
3	lanes	1	2	3	4	5
4	Left-turn traffic operation system	shared lane	left turn lane	left turn prohibit		
5	Right-turn traffic operation system	shared lane	right turn lane	right turn prohibit		
6	Existence of Channelization facilities	existence		not existing		
7	Speed limit	below 30	below 50	below 70	below 90	

또한 교차로별로 교통사고 잦은 곳 세부개선공사 내역이 각각 상이하기 때문에 분석대상 시설물의 순수 사고 감소효과를 도출하기 위해서는 다음과 같은 절차를 거쳐서 대상그룹과 비교그룹을 분석해야 한다.

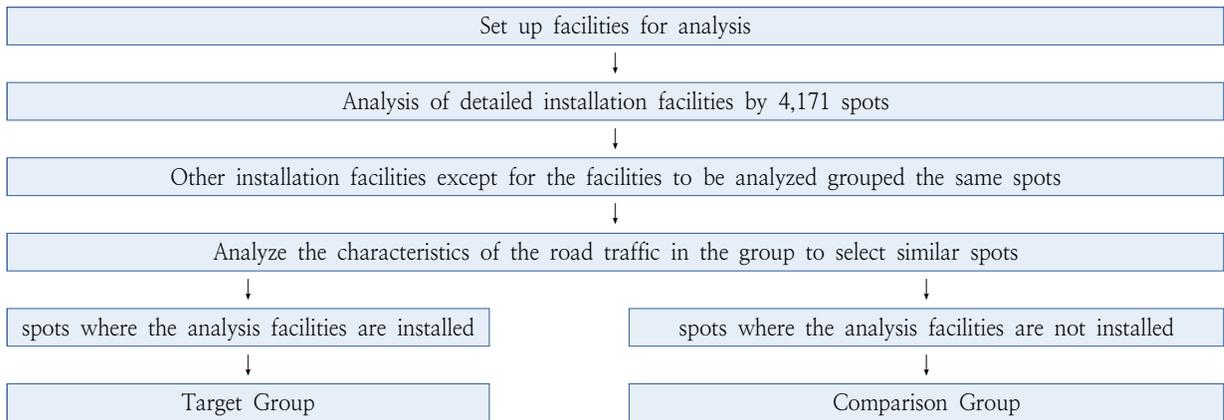


Figure 1. Target group and comparison group selection process

위의 과정을 거쳐서 정의된 비교그룹은 최소 2개 이상의 지점이 선정되어야 한다. 왜냐하면 비교그룹이 많을수록 도출된 효과가 과소 또는 과대 추정되는 오류를 최소화할 수 있기 때문이다.

시설물별 사고 감소효과도 추정

1. 시설물 사고 감소효과도 추정을 위한 자료 분석

1) 자료 수집 범위

교통사고 잦은 곳 개선사업은 '88년부터 지점 단위 사업으로 추진되어 왔으며 제5차 교통사고 잦은 곳 개선사업이 시행된 '12년부터 구간 단위 사업이 함께 병행되고 있다. 지점단위 사업은 공간적 범위가 일정한 기준을 가지고 있으나, 구간단위 사업은 설계담당자가 도로교통특성을 분석하여 구간 연장 등 공간적 범위를 설정하기 때문에 사업범위가 일정하지 않다. 따라서 본 연구에서는 지점 단위로 이루어진 전국의 사업을 대상으로 연구를 수행하고자 한다.

시간적 범위는 '04년부터 '13년까지 개선공사가 완료된 4,171개 교통사고 잦은 곳 개선사업 지점과 개선공사 전·후 1년 교통사고 발생자료를 수집하였다. 차후 세부 분석대상이 되는 지점은 전·후 3년 사고 발생자료를 추가로 수집하였다.

2) 분석대상 교통사고 잦은 곳 유형 및 시설물 선정

교통사고 잦은 곳 개선사업은 대부분 교차로 위주로 사업이 진행되고 있어 단일로에 대해 수집할 수 있는 자료가 많지 않기 때문에 분석대상지점을 교차로로 한정하였고, 교차로 유형 중 가장 많은 비율을 차지하고 있는 사지교차로를 대상으로 분석을 수행하였다.

교통사고 감소효과도 분석 대상 시설물은 향후 지속적으로 활용 될 가능성이 높은 시설물을 대상으로 하기 위하여 과거 교통사고 잦은 곳 개선사업에 적용이 많이 된 시설물을 선택하는 것을 원칙으로 하였다. 세부 시설물별로 보면 가장 적용이 많이 된 것은 미끄럼방지 포장으로 나타났으며 신호등 위치조정, 교통안전표지 신설, 횡단보도 위치조정, 안전표지 증설, 차로재조정, 교통섬 등의 순으로 나타나고 있다. 그러나 신호등 위치조정이나 교통안전표지 신설 등은 지역에 따라 실제 시설물의 종류 등이 상이한 경우가 많기 때문에 분석대상으로는 적합하지 않다고 판단하여 좀 더 기능이 명확한 미끄럼방지 포장, 교통섬, 무단횡단금지시설, 표지병, 과속단속카메라로 설정하였다.

2. 교통사고 감소효과도 추정결과

비교그룹 방법을 이용한 사전·사후분석 계산식(Table 2 참고)에 따라서 각 시설물별 효과도를 추정하였다. 각 시설물별 계산식 적용과정은 예시로 교통섬에 대해서만 Figure 2에서 설명하고, 나머지 시설물에 대해서는 생략하도록 한다.

	Target group	dobong-gu						
K	Before	68						
L	After	48						
	Comparison group	chilseongdong	ichondong	dongindong	songildong	borjukdong	igockdong	Sum
M	Before	29	36	64	39	82	20	270
N	After	25	18	50	27	58	11	189
	ω	1.157	0.675	1.068	0.937	0.970	0.728	0.968
Input			Output					
sum(total)	treatment Group	Comparison Group	Step 1	$\hat{\lambda}$	48.000			
Before	68	270		$\hat{\rho}_c$	0.697			
After	48	189		$\hat{\rho}_\pi$	47.424			
var($\hat{\omega}$)	0.036		Step 2	var($\hat{\lambda}$)	48.000			
				var($\hat{\rho}_\pi$)	133.231			
			Step 3	$\hat{\delta}$	-0.576			
				$\hat{\theta}$	0.956			
			Step 4	$\alpha(\hat{\delta})$	13.462			
				$\alpha(\hat{\theta})$	0.255			
traffic island			accident reduction (%)			4.45%		

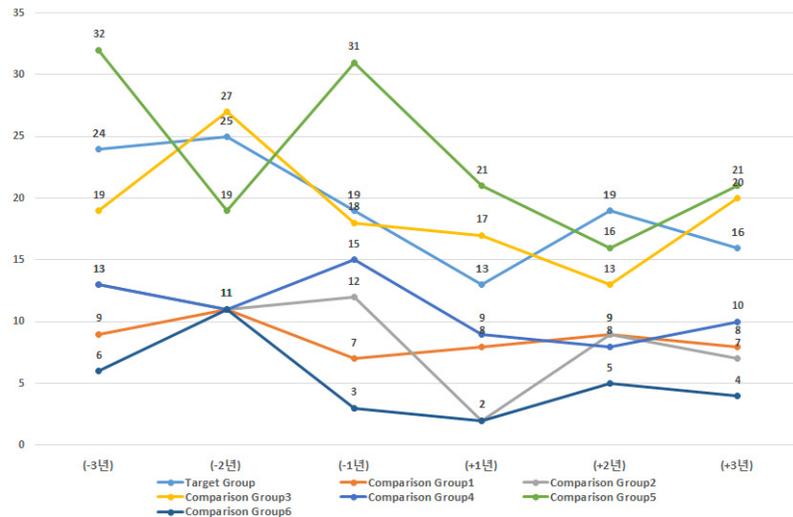
Figure 2. Example of application of comparison group formula (traffic island)

1) 교통섬

교통섬 설치시 교통사고 감소효과는 도로교통조건이 사지교차로, 교차로 내부 통과길이가 30-40m, 차로수 3개, 좌회전 전용차로 운영, 직진우회전 겸용차로 운영, 도류화시설 없음, 제한속도 70km/h 이하일 때, 전체사고 4.45%가 감소되는 것으로 분석되었다. 이는 단순사고건수 비교방법으로 했을 경우 41.67% 교통사고 감소효과가 있는 것에 비해 작게 나온 수치로 비교그룹 방법이 시설물의 순수효과는 적절하게 추정된 것으로 판단된다.

Table 5. Improvement of traffic island target-comparison group traffic accident trend before and after 3 years

Division	spot name	Traffic Accident								
		sum	before 1year	before 2years	before 3years	sum	after 1year	after 2years	after 3years	
Target Group	Entrance to the jeongui girls' middle school in dobong-gu	68	19	25	24	48	13	19	16	
Comparison Group	Tonilo negeori, chilseongdong, daegu	29	7	11	9	25	8	9	8	
	Daedeok negeori, ichon2-dong, daegu	36	12	11	13	18	2	9	7	
	gongpyeong negeori, dongin2ga, daegu	64	18	27	19	50	17	13	20	
	Songil Elementary school intersection, daegu	39	15	11	13	27	9	8	10	
	Namguoffice negeori, bongduck-dong, daegu	82	31	19	32	58	21	16	21	
	Geumbokjju negeori, igockdong, daegu	20	3	11	6	11	2	5	4	



2) 표지병

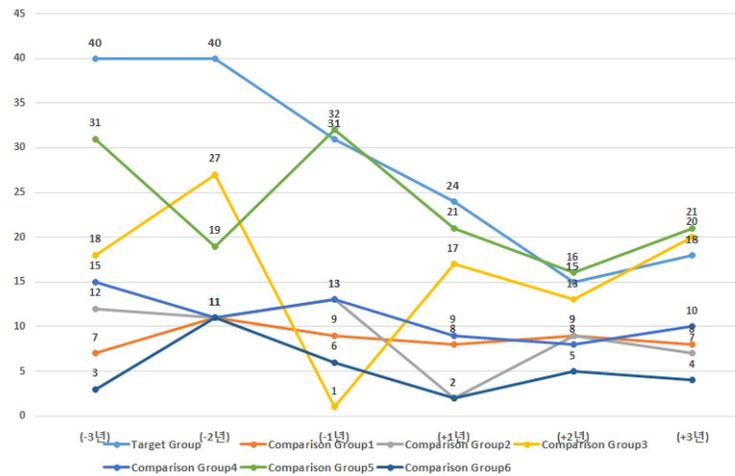
표지병 설치시 교통사고 감소효과는 도로교통조건이 사지교차로, 교차로 내부 통과길이가 30-40m, 차로수 3개, 좌회전 전용차로 운영, 직진우회전 겸용차로 운영, 도류화시설 없음, 제한속도 70km/h 이하일 때, 전체사고 32.17%가 감소되는 것으로 분석되었다. 이는 단순사고건수 방법으로 했을 경우 48.65% 감소효과가 나오는 것에 비해 적게 추정되었다. 또한 관련 설치관리 지침에서 효과가 있다고 언급하는 악천후 사고에 대해서 추가적으로 분석해본 결과 52.96%의 교통사고 감소효과가 있는 것으로 분석되었다. 이는 전체 사고보다 악천후시 사고를 줄이는데 더욱 효과적이라는 것을 알수 있다.

Table 6. Improvement of cats' eye system target-comparison group traffic accident trend before and after 3 years

Division	spot name	Traffic Accident									Number of bad weather accident (snow, rain, cloudy)								
		sum	before 1year	before 2years	before 3years	sum	after 1year	after 2years	after 3years	sum	before 1year	before 2years	before 3years	sum	after 1year	after 2years	after 3years		
Target Group	Yeorumul Sageori, Bupyeong-gu Incheon	111	31	40	40	57	24	15	18	25	4	12	9	12	3	5	4		
Comparison Group	Tonilo negeori, chilseongdong, daegu	29	9	11	7	25	8	9	8	9	1	4	4	0	0	0	0		

Table 6. Improvement of cats' eye system target-comparison group traffic accident trend before and after 3 years (continued)

Division	spot name	Traffic Accident									Number of bad weather accident (snow, rain, cloudy)						
		sum	before 1year	before 2years	before 3years	sum	after 1year	after 2years	after 3years	sum	before 1year	before 2years	before 3years	sum	after 1year	after 2years	after 3years
Comparison Group	Daedeok negeori, ichon2-dong, daegu	36	13	11	12	18	2	9	7	3	3	0	0	3	0	2	1
	gongpyeong negeori, dongin2ga, daegu	64	1	27	18	50	17	13	20	7	2	2	3	7	1	1	5
	Songil Elementary school intersection, daegu	39	13	11	15	27	9	8	10	6	1	1	4	5	1	2	2
	Namguoffice negeori, bongduck-dong, daegu	82	32	19	31	58	21	16	21	18	4	5	9	12	3	2	7
	Geumbokju negeori, igockdong, daegu	20	6	11	3	11	2	5	4	2	0	2	0	3	1	1	1



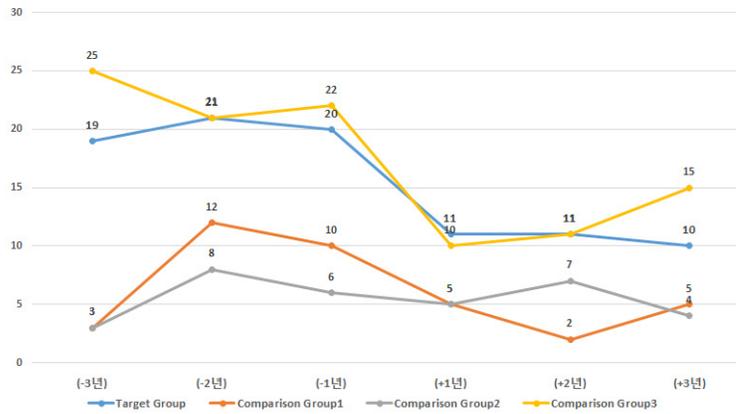
3) 과속단속카메라

과속단속카메라 설치시 교통사고 감소효과는 도로교통조건이 사지교차로, 교차로 내부 통과길이가 20-30m, 차로수 3개, 좌회전 전용차로 운영, 우회전 전용차로 운영, 도류화시설 있음, 제한속도 70km/h 이하일 때, 전체사고 24.13%가 감소되는 것으로 분석되었다. 단순사고건수 방법으로 했을 경우 46.67%의 전체사고 감소효과에 비해 적은 수치로 추정되었다.

Table 7. Improvement of speeding camera target-comparison group traffic accident trend before and after 3 years

Division	spot name	Traffic Accident								
		sum	before 1year	before 2years	before 3years	sum	after 1year	after 2years	after 3years	
Target Group	Sinmaetan Sageori paldal-gu Suwon	60	20	21	19	32	11	11	10	
Comparison Group	Asianasports intersection, sincheon 3-dong, daegu	25	10	12	3	12	5	2	5	
	Daeyo sageori, yeongdo-gu busan	17	6	8	3	16	5	7	4	
	Meonugeum sageori, yeonsu-gu, incheon	68	22	21	25	36	10	11	15	

Table 7. Improvement of speeding camera target-comparison group traffic accident trend before and after 3 years (continued)



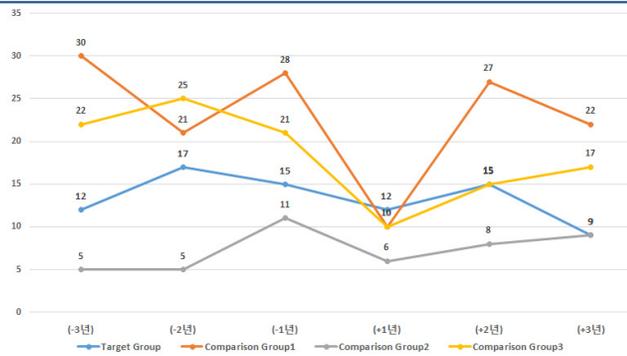
4) 무단횡단금지시설

무단횡단금지시설 설치시 교통사고 감소효과는 도로교통조건이 사지교차로, 교차로 내부 통과길이가 30-40m, 차로수 4개, 좌회전 전용차로 운영, 직진우회전 겸용차로 운영, 도류화시설 없음, 제한속도 70km/h 이하일 때, 오히려 전체사고는 0.61%가 증가되는 것으로 분석되었다. 이는 단순사고건수 방법에 따르면 전체사고가 18.18% 감소는 것에 비해 반대되는 결과이다. 무단횡단금지시설은 보행자의 무단횡단을 막는 기능을 하지만 차량이 충돌하는 hazard로 작용할 수도 있기 때문에 가능한 결과라고 판단된다. 또한 관련 설치관리 지침에서 효과가 있다고 언급하는 차대보행자 사고에 대해서 추가적으로 분석해본 결과 62.77%의 교통사고 감소효과가 있는 것으로 분석되어 보행자 사고비율이 높은 지점에만 선별적으로 설치되어야 한다는 것을 알 수 있다.

Table 8. Improvement of jaywalking-prohibiting facility target-comparison group traffic accident trend before and after 3 years

Division	spot name	Traffic Accident						Car-pedestrian Accident									
		sum	before 1year	before 2years	before 3years	sum	after 1year	after 2years	after 3years	sum	before 1year	before 2years	before 3years	sum	after 1year	after 2years	after 3years
Target Group	Yeonarn negeori sangyeok-dong daegu	44	15	17	12	36	12	15	9	8	2	3	3	6	2	1	3
Comparison Group	Bisan negeori bisan 3-dong, daegu	79	28	21	30	59	10	27	22	6	2	2	2	9	1	6	2
	Jungri negeori jungni-dong, daegu	21	11	5	5	23	6	8	9	3	2	1	0	6	3	1	2
	Seoseong negeori Seoseongro daegu	68	21	25	22	42	10	15	17	4	0	2	2	3	1	0	2

Table 8. Improvement of jaywalking-prohibiting facility target-comparison group traffic accident trend before and after 3 years (continued)

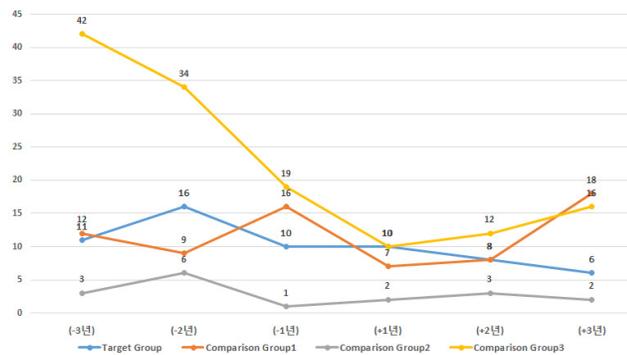


5) 미끄럼방지포장

미끄럼방지포장 설치시 교통사고 감소효과는 도로교통조건이 사지교차로, 교차로 내부 통과길이가 30-40m, 차로수 3개, 좌회전 전용차로 운영, 직진우회전 겸용차로 운영, 도류화시설 없음, 제한속도 70km/h 이하일 때, 오히려 전체사고는 1.67%가 증가되는 것으로 분석되었다. 그러나 관련 설치관리 지침에서 효과가 있다고 언급하는 미끄럼 등 추돌사고에 대해서 추가적으로 분석해본 결과 26.60%의 교통사고 감소효과가 있는 것으로 분석되어 추돌사고 비율이 높은 지점에만 선별적으로 설치되어야 한다는 것을 알 수 있다.

Table 9. Improvement of skid proof pavement target-comparison group traffic accident trend before and after 3 years

Division	spot name	Traffic Accident						Rear-end Accident									
		sum	before 1year	before 2years	before 3years	sum	after 1year	after 2years	after 3years	sum	before 1year	before 2years	before 3years	sum	after 1year	after 2years	after 3years
Target Group	Nammaeji sageori jungbang-dong gyeongsan-si	37	10	16	11	24	10	8	6	13	3	6	4	7	2	2	3
Comparison Group	Damateu sageori, kolon singok-dong uijeongbu-si	37	16	9	12	33	7	8	18	11	5	2	4	6	1	1	4
	BYC sageori wonseong-dong chungan-si	10	1	6	3	7	2	3	2	3	1	2	0	3	0	2	1
	Juwongogei sageori ganseok-dong, namdong-gu, incheon	95	19	34	42	38	10	12	16	21	4	6	11	13	1	5	7



결론 및 향후과제

본 연구에서는 개별 시설물의 순수 교통사고 감소효과도를 추정하기 위하여 사고찾은곳개선사업의 개선시설물 자료와 비교그룹방법을 활용하였다. '04-'13년까지 10년간 시행된 사고찾은곳개선사업에서 가장 많이 설치가 이루어진 시설물은 교통섬, 표지병, 과속단속카메라, 무단횡단금지시설, 미끄럼방지포장 5개 시설물에 대해서 효과분석을 실시하였다. 비교그룹방법에서 가장 중요한 비교지점 선정에 위하여 개선지점의 교통특성조건과 유사한 지점을 선별하였으며, 교통특성조건은 사지교차로, 교차로 내부 통과길이 30-40m, 차로수3개, 좌회전 전용차로 운영, 직진우회전 겸용차로 운영, 도류화시설 없음, 제한속도 70km/h이하이다. 이 조건에서 각 시설물의 사고감소효과를 종합하면 Table 10과 같다.

Table 10. Accident reduction effect analysis of road traffic safety facilities

Facility	Reduction effect of overall accidents	Reduction effect of specific accidents
Traffic island	▼4.45%	-
Cat's eye system	▼32.17%	▼Bad weather accidents 52.96%
Speeding camera	▼24.13%	-
Jaywalking-prohibiting facility	△0.61%	Car-pedestrian accidents ▼62.77%
Skid proof pavement	△1.67%	Rear-end accidents ▼26.6%

특히, 무단횡단금지시설, 미끄럼방지포장은 전체사고건수는 오히려 증가하는 것으로 나타났으나, 특정사고에 대해서는 효과가 큰 것으로 나타나 설치시 다발사고 유형분석을 선행할 필요가 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 수천개의 교통사고 잦은 곳 개선사업 공사 완료 지점 중에서 분석대상시설물이 설치된 대상그룹과 유사한 비교그룹이 매우 제한적으로 존재하였기 때문에, 모든 도로안전 관련 시설물을 분석 대상시설물로 선정할 수 없었다는 한계를 가지고 있다. 현재와 같은 방식으로 교통사고 잦은 곳 개선사업이 지속적으로 추진된다면 비교그룹방법으로 분석이 가능한 시설물의 수가 증가하기는 어려울 것이다.

따라서 향후 더 많은 도로안전 관련 시설물의 교통사고 감소효과를 분석하기 위해서는 교통사고 잦은 곳 개선사업 최초 추진단계에서부터 지점 선정 및 개선설계 등을 계획성 있게 추진하여야 할 것이다. 다시 말해서 도로교통유형이 유사한 지점에 미리 분석대상 시설물을 설치할 지점, 미 설치할 지점을 선정하여 사업을 추진할 필요가 있다는 것이다.

또한 비교그룹을 선정하는 과정에서 본 연구에서는 7가지의 도로교통특성이 유사한 지점을 비교그룹으로 선정한 것은 한계점이다. 객관적인 유사지점 확보를 위하여 FGI(Focus Group Interview) 또는 Tree분석을 시도하여 비교그룹을 선정한다면 본 연구보다 구조적으로 더욱 유사한 지점을 선정할 수 있을 것이며 이러한 노력은 최종 분석 결과의 정확도 향상을 가져올 것이다.

마지막으로 본 연구에서 제시한 도로안전 관련 시설물의 전체 교통사고 감소효과도 뿐만 아니라 다양한 사고유형에 대한 교통사고 감소효과도를 추가적으로 제시한다면 보다 실무에서 활용성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

알림 : 본 논문은 대한교통학회 제75회 학술발표대회(2016.9.22.-23.)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

REFERENCES

Bahar G., Mollett C. Persaud B., Lyon C., Smiley A., Smahel T., Hugh M.G. (2004), Safety Evaluation of Permanent Raised

Pavement Markers.

- Choi J.S., Kim S.Y., Kim M.K., Sung H.J. (2011), Analysis of the Crash Reduction Effects of the Red Light Camera Systems and Determination of the User Benefits, *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, 10(1), Korean Institute of Intelligent Transport Systems, 1-15.
- Das S., Sun X., Rasel SK, Wang F. (2013), Investigating The Safety Impact of Raised Pavement Markers on Freeways in Louisiana, *International Journal of Engineering Research and Innovation*, 5(2), Fall/Winter 2013.
- Davis G. A. (2000), Accident Reduction Factors and Causal Inference in Traffic Safety Studies: A Review, *Accident Analysis and Prevention* 32, Elsevier Ltd., 95-109.
- Elvik R. (2002), The Importance of Confounding in Observational Before-and-after Studies of Road Safety Measures, *Accident Analysis and Prevention* 34, 631-635.
- FHWA (2002), Safety Effectiveness of Intersection Left-and Right-Turn Lanes, FHWA-RD-02-089, U.S. DOT, 64-97.
- Gorell R., Sexton B. (2004), Performance of Safety Cameras in London, PPR027, TRL Limited.
- Hauer E. (1997), *Observational Before-After Studies in Road Safety: Estimating the Effect of Highway and Traffic Engineering Measures on Road Safety*, Elsevier Science Ltd., U.K., 2-3.
- Hirst W. M., Mountain L.J., Maher M.J. (2004), Source of Error in Road Safety Scheme Evaluation: A Quantified Comparison of Current Methods, *Accident Analysis and Prevention* 36, Elsevier Science Ltd., 705-715.
- Lee D.M., Kim D.H., Song K.S. (2011), Analysis of Effects from Traffic Safety Improvement on Roadways using C-G Method, *Journal of Korean Society of Transportation*, 29(3), Korean Society of Transportation, 31-40
- Lee. S.B., Park K.Y. (2000), A Study of Measuring the Effectiveness for Road Safety Feature Improvements, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 20(2-D), Korean Society of Civil Engineering, 139-147.
- Road Traffic Authority (2015), Evaluation of the National Black Spot Program
- Samsung Traffic Safety Research Institute (2004), Analysis of Traffic Accident Reduction Effects on Traffic Safety Facilities
- Shen J., Gan A. (2003), Development of Crash Reduction Factors: Method, Problem and Research Needs, *Transportation Research Record* 1840, Transportation Research Board, Washington D.C., 50-56.