

C-G Method를 이용한 지그재그 노면표시의 교통사고 감소효과 분석

Estimation of Traffic Accident Effectiveness of Zig-zag Marking Using a Comparison Group Method

권성근	Kwon, Seong-Keun	정회원 · 도로교통공단 안전개선처 선임과장 (E-mail: kwonsk@koroad.or.kr)
이영인	Lee, Young-Ihn	서울대학교 환경대학원 교수 (E-mail: gses.snu.ac.kr/professor/lyi)
조성준	Cho, Song-Jun	서울대학교 환경대학원 박사과정 (E-mail: xunna@seoul.go.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : This research is to evaluate the effects of zig-zag marking.

METHODS : Based on the literature review, This research adopt Comparison Group method which was developed by Hauer.

RESULTS : The findings are as follows. Effectiveness of treatment at all site 1.06, intersection 0.92, median bus lane 1.93, school zone 0.50, below 6-lane 0.48, above 6-lane 1.19, cat vs person 0.57, car vs car 1.36, car only 1.29.

CONCLUSIONS : Though the analysis, it was founded that zig-zag marking on the small scale road(below 6-lane) and school zone contribute to reduce traffic accidents(effectiveness of the treatment : 0.50, 0.48). But the accidents at large scale road and median bus lane where installed zig-zag marking demonstrated negative result.(effectiveness of the treatment indicates exceed 1.0).

Keywords

zig-zag marking, accident effectiveness, comparison group method, effectiveness of the treatment

Main Author : Kwon, Seong Keun, Manager
Traffic Safety Improvement Dept. Korea Road Traffic Authority,
407, Wangsimni-ro, Jung-gu, Seoul, 100-789, Korea
Tel : +82.2.2230.6488 Fax : +82.2.2230.6113
email : kwonsk@koroad.or.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

2011년 우리나라에서는 총 221,711건의 교통사고가 발생하여, 5,229명이 사망하고 341,391명이 부상하였다. 4년전인 2007년과 비교하여 발생건수는 1.2% 증가하고 사망자수는 4.0% 감소하였으나, 자동차 1만 대당 사망자수는 2.6명으로 OECD 32개국 중 30위로 OECD평균 1.1명에 비해 2배 이상 높은 실정이다. 특히 사고 시 상태별 사상자 현황을 살펴보면 보행자의 사망비율이 전체 사

망자의 39.1%(2,044명)를 차지하는 등 보행자가 치명적 교통사고의 취약계층인 것으로 나타났다.

이에 정부에서도 어린이 보호구역, 노인보호구역 확대·개선, 국도변 보도설치 등 보행자 사고감소를 위한 다양한 대책을 수립·시행하고 있으며, 최근 어린이 보호구역 내 차량의 서행을 유도하기 위해 설치하였던 지그재그 노면표시를 일반차선에까지 확대 설치할 수 있도록 하여, 횡단보도 인근에서의 운전자 주의환기를 유도함으로써 보행자 사고를 줄일 수 있도록 하는 제도적

기반을 조성한 바 있다.

지그재그 노면표시는 영국, 싱가포르 등에서 차량의 주정차 금지 및 감속유도를 위해 설치되고 있는 교통안전시설로 국내에서도 지방자치단체별로 일부구간에 대한 시범설치가 이루어지고 있으나, 현재까지 지그재그 차선 설치에 대한 효과분석은 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 지그재그 차선의 확대 실시 전 시범설치구간에 대한 사고감소 효과를 분석함으로써, 시설물 설치효과를 평가하고, 분석결과를 토대로 합리적인 설치방향을 제시하고자 한다.

1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 서울시내의 지그재그 노면표시 설치지점 28개소를 대상으로 효과분석을 실시하였다. 연구의 시간적 범위는 지그재그 노면표시 시범설치 시점을 고려, 2008년에서 2011년으로 설정하였다. 교통사고 분석에 앞서 지그재그 노면표시의 국내·외 설치 현황, 효과분석 관련 연구, 법·제도 현황 등을 고찰한 후, 교통사고를 도로유형, 도로규모, 사고유형별로 체계적으로 그룹화하여 각각의 유형별 사고감소효과를 분석하였다. 분석방법론 선정과 관련하여서는 교통사고 분석을 위한 대표적인 방법론을 고찰하였으며, 비교그룹 방법중 통계학적 논리성을 갖추었다고 평가받고 있는 Hauer의 방법을 활용하여 지그재그 차선의 사고감소효과를 평가하였다.

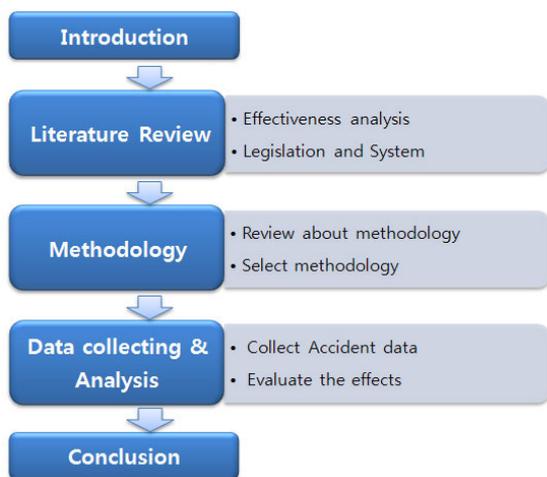


Fig. 1 Process of Research

2. 관련문헌 고찰

2.1. 지그재그 노면표시 정의 및 법·제도 현황

지그재그 노면표시는 어린이 보호구역, 횡단보도 등

차량이 서행하여야 할 장소에서 보행자를 보호하기 위해 길가장자리 구역선이나 차선을 지그재그 형태로 설치하는 시설로 도로교통법 제4조(교통안전시설의 종류) 및 같은법 시행규칙 제8조(안전표지), 제 11조(횡단보도 설치기준)에 근거를 두고 있다.

지그재그 노면표시는 영국, 싱가포르, 호주 등에서 주로 사용되고 있으며, 시각적으로 운전자에게 경각심을 갖게 하여 서행을 유도하고 주정차 금지지역을 알리는 교통안전시설이다. 우리나라에서는 2003년 6월 2일 도로교통법 시행규칙 일부 개정으로 길가장자리 구역선이나 정차·주차금지선에 지그재그 마킹이 처음 도입되었으며, 도입 당시에는 어린이 보호구역내 횡단보도 예고를 목적으로 하였다. 이후 2006년 6월 1일 시행규칙 개정으로 지그재그 노면표시의 설치목적이 어린이 보호구역내 횡단보도 예고에서 서행으로 변경되었으며, 2012년 4월 30일 법령개정으로 길가장자리 구역선 등에서 전체 차선으로 설치범위를 확대할 수 있도록 하였다.

Table 1. Purpose of Zig-zag Marking by Law

Law	Purpose	Installation site	Revised date
The road traffic law enforcement regulations	• Notice for pedestrian crossing	• Shoulder lane at school zone	'03.6.2.
	• For induce speed reduction	• Shoulder lane at school zone	'06.6.1.
	• For induce speed reduction	• All lane at necessary areas	'12.4.30

2.2. 교통안전사업 효과분석 사례

현재까지 교통안전시설 설치에 대한 효과분석은 관찰적 사전·사후 분석에 의해 대부분 이루어졌다. Persaud(2001)는 경험적 베이스 방법을 통해 회전교차로 전환에 대한 효과분석을 수행하였다. Harwood 등(2003)은 비교그룹 방법과 경험적 베이스 방법을 통해 좌·우회전 차로 설치 및 길이 등에 대한 사고 감소효과를 분석하였으며, Patel 등(2007)은 경험적 베이스 방법을 이용하여 길어깨 노면요철 포장의 설치 효과를 분석한 바 있다.

국내에서는 이동민 등(2007)이 비교그룹 방법을 이용하여 길어깨 노면요철 포장의 설치 효과를 분석한 바 있으며, 김정현 등(2008)은 비교그룹 방법을 이용하여 신호등 위치에 따른 교통사고 효과분석을 수행하였다. 운

일수 등(2011) 또한, 구간속도단속시스템의 설치효과를 비교그룹 방법을 이용하여 분석하였으며, 이수일 등(2008)은 경험적 베イズ 방법을 이용하여 노면요철포장 설치에 따른 사고전환 효과를 분석하였다.

지그재그 노면표시의 경우 2003년 6월 어린이 보호구역내 횡단보도 예고를 위해 국내에 도입되었으나, 실제 현장에 적용은 최근해야 이루어져 현재까지 지그재그 노면표시에 대한 효과분석 등의 연구는 전무한 실정이다. 다만 서울지방경찰청에서는 지그재그 노면표시를 차선으로 확대하기 전 시범 설치 지점에 대한 효과평가를 수행하였는데, 지그재그 노면표시로 인한 사고감소 효과가 66.7%(사상자 36명 → 12명)에 이른다고 발표한다. 그러나 서울지방경찰청의 발표는 사고건수 및 사상자수에 대한 단순비교에 의한 것으로 보다 정밀한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

한편, 문헌검토 결과 영국, 호주, 싱가포르 등 지그재그 노면표시를 사용하고 있는 국외에서도 지그재그 노면표시 설치효과에 대한 연구는 거의 진행되지 않은 것으로 조사되었는데, 지그재그 노면표시에 대한 효과를 실증적으로 분석하는 최초의 연구라는 점에서 본 연구의 의의가 있을 것으로 판단된다.

3. 분석방법론 정립

3.1. 효과분석 방법론 고찰

교통안전사업의 효과분석 방법론으로 주로 활용되는 사전·사후분석(Before and After Study)은 교통안전사업이 시행되지 않았을 때의 예측 사고건수와 실제 관측 사고건수를 비교하여 사업의 시행효과를 추정하는 방법이다. Shen 등(2003)은 사전·사후 분석방법을 단순사고건수 비교방법(Simple Before and After Evaluation Method), 일대일 비교방법(One to One Matching with Yoked Comparison), 비교그룹방법(Before and After Study with Comparison Group), 경험적 베イズ 방법(Before and After Evaluation with Bayes Approach)으로 분류하여 설명하였다.

3.1.1. 단순사고건수 비교방법

단순사고건수 비교방법은 계산절차와 이해가 용이하여 일반적으로 많이 이용되고 있으나, 분석하고자 하는 요인 이외 다른 요인 변화에 따른 영향을 고려하지 못해 정확하지 않은 결과를 도출할 수 있다는 단점이 있다.

단순사고건수 비교방법의 계산과정은 Eq. (1)과 같다.

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

여기서,

N_b : 개선 전 교통사고 건수

N_a : 개선 후 교통사고 건수

Shen 등은 단순사고건수 비교방법의 문제점을 다음과 같이 제시하였다.

- 평균으로의 회귀(Reression to the Mean) : 일시적 교통사고 변화를 전체 사고 변화로 잘못 해석
- 교통사고 전이(Crash Migration) : 분석구간에서의 사고 변화가 인접도로 혹은 다른 교통안전사업의 영향으로 발생한 부가적 효과일 경우에 발생하는 문제
- 교통사고 변화의 일반적 추세(Maturation) : 사고 발생은 일반적인 추세에 의해 변할 수 있음
- 외부변화요인(External Causal Factors) : 다른 외부변화에 의해 사고발생 빈도가 변할 수 있음

3.1.2. 일대일 비교방법

일대일 비교방법은 개선지점과 미개선 지점의 일대일(One to One) 비교를 통해 사고감소효과를 분석하는 방법이다. 일대일 비교방법에서 비교대상 지점은 유사한 특징을 가지는 지점을 선정하여야 한다. 일대일 비교방법은 개념이 단순하여 계산과정이 용이한 장점이 있으나, 비교지역 선정이 분석결과에 큰 영향을 미쳐 신뢰성을 확보하기 어렵다는 단점이 있다. 일대일 비교방법의 계산과정은 Eq. (2)와 같다. 일반적으로 $\hat{\theta}_i$ 가 1보다 작으면 사고감소 효과가 있는 것으로 판단한다.

$$\hat{\pi}_i = K \cdot \left(\frac{N_i}{M_i} \right)$$

$$\hat{\theta}_i = \frac{\hat{\lambda}}{\hat{\pi}} = \frac{L_i M_i}{K_i N_i} \quad (2)$$

여기서,

$\hat{\pi}_i$: 개선전 기대 사고건수

$\hat{\lambda}_i$: 조사된 실제 사고건수

L_i : 분석지점의 사후 사고건수

K_i : 분석지점의 사전 사고건수

M_i : 비교지점의 사전 사고건수

N_i : 비교지점의 사후 사고건수

일대일 비교방법의 일반적인 장·단점은 다음과 같다.

장 점

- 개념이 단순하여 적용 용이
- 필요데이터가 잘 알려져 있음

단 점

- 사고건수가 0인 지점은 분석할 수 없음
- 비교대상이 한 지점에 의존, 오류 가능성 높음
- Regression to the mean 존재

3.1.3. 비교그룹방법

비교그룹방법은 다수의 비교지점을 선정하여 분석하는 방법으로 교통사고변화의 일반적 추세와 외부변화요인에 의한 오류를 극복하기 위한 방법으로 이용된다. 비교그룹방법은 한 지점을 선택함으로써 발생할 수 있는 오류를 보완가능하다는 장점이 있으나, 평균으로의 회귀와 관련된 오차가 존재하고 유사한 특성을 가진 비교지점을 찾는 것이 어렵다는 문제점을 가지고 있다. 비교그룹방법의 계산과정은 Eq. (3)와 같다. 일반적으로 θ 가 1보다 작으면 시행한 교통안전사업의 사고감소 효과가 있는 것으로 판단한다.

$$\delta = \pi - \lambda$$

$$\theta = \frac{(\lambda/\pi)}{(1 + \frac{VAR(\hat{\pi})}{\pi^2})}$$

$$VAR\{\hat{\delta}\} = VAR\{\hat{\pi}\} + VAR\{\hat{\lambda}\}$$

$$VAR\{\hat{\theta}\} \approx \theta^2 [(VAR\{\hat{\lambda}\}/\lambda^2) + (VAR\{\hat{\pi}\}/\pi^2)] / [1 + VAR\{\hat{\pi}\}/\pi^2]^2 \quad (3)$$

여기서,

- π : 분석대상 지점에서 사업이 시행되지 않았을 경우 예측된 사후 사고건수
- λ : 분석대상 지점에서 조사된 실제 사후 사고건수
- δ : 분석 대상지점의 사고변화건수
- θ : 효율성 척도

비교그룹방법의 일반적인 장·단점은 다음과 같다.

장 점

- 한 지점을 선택함으로써 발생할 수 있는 오류 보완 가능

단 점

- 비교지점을 찾는 데 현실적 어려움 있음
- Regression to the mean 존재

3.1.4. Bayes 방법

Bayes 방법은 기존 효과분석 방법들의 문제점을 극복하기 위해 개발된 방법으로, 사전분포(Prior Distribution)의 불확실성을 사후분포(Prior Distribution)를 통하여 보정할 수 있다는 논리를 기반으로 한다. Hauer(1997)에 의해 제안된 경험적 베이즈 방법(Empirical Bayes Method)은 사후 개선사업의 미시행 가정 시에 대한 예측치를 경험적 베이즈 관계식을 통해 산출하고 이를 실제 사고건수와 비교하여 효과를 분석하는 방법이다. 경험적 베이즈 방법은 평균으로의 회귀 현상을 반영함으로써 보다 정확한 평가결과를 도출할 수 있다는 장점을 가지나, 모형구축이 복잡하고 많은 자료를 요구하는 단점이 있다. Bayes방법의 계산과정은 Eq. (4)와 같다.

$$E(m/x) = \omega E(m) + (1-\omega)x \quad (4)$$

여기서,

$E(m/x)$: x 건의 이력사고에 대한 기대사고건수 기대치

$E(m)$: 참조그룹의 교통사고건수 기대치

x : 개선사업 시행 시 사고건수 실적치

ω : 가중치($0 < \omega < 1$)

Bayes방법의 일반적인 장·단점은 다음과 같다.

장 점

- 참조그룹에 의한 SPF(Safety Performance Function) 활용으로 비교대상 사고건수의 대표성 높음
- 비교지점을 찾을 필요 없음
- Regression to the mean bias 문제없음

단 점

- 모형구축이 복잡하고, 많은 자료를 필요로 함

3.2. 분석방법론 선정

본 절에서는 앞 절에서 고찰한 분석방법 중 지그재그 노면표시 설치효과를 분석하기에 가장 적합한 방법을 선정하고자 한다. 앞서 고찰한 4가지 사전·사후 비교분석방법 중 단순사고건수 비교방법과 일대일 비교방법은 적용은 용이하지만 분석의 신뢰도가 낮다는 점에서 본 연구에의 적용은 배제하였다. Bayes 방법은 평균으로의 회귀 현상을 반영함으로써 보다 정확한 평가결과를 도출할 수 있다는 장점이 있으나, 분석을 위해 많은 자료의 구축이 필요하고 교통사고 모형의 구축이 필요하다는 점에서 현재까지 충분한 설치사례와 사고자료가 구축되지 않은 지그재그 노면표시의 효과분석에는 적용의 어려움이 있다.

따라서, 본 연구에서는 교통사고 변화의 일반적 추세와 외부변화요인을 고려할 수 있고 유사한 지점을 그룹으로 구성하여 선택함으로써 비교대상에 의존되는 오류 가능성을 보완 가능한 비교그룹을 이용한 사전·사후 분석방법을 적용하였다. 본 연구에서는 비교그룹을 이용한 사전·사후 분석방법의 단점을 최소화할 수 있도록 분석대상 지점과 기하구조 및 교통량 등 유사한 교통 및 도로 특성을 보이는 비교지점이 선정될 수 있도록 하였다.

3.3. 비교그룹을 활용한 효과평가 방법론

비교그룹방법(Before After Evaluation with Comparison Group Method)은 교통안전사업이 시행되지 않은 지점(구간) 중 분석대상 지점과 유사한 지점을 비교대상 지점으로 선정하여, 분석기간 동안의 교통 및 도로조건 변화 등의 외적 요인 변화를 고려, 분석지점의 사고 변화를 분석하는 방법이다.

비교그룹방법은 다음의 4단계의 과정으로 이루어진다. 1단계는 교통안전사업이 시행되지 않았을 것을 가정한 사고건수($\hat{\pi}$)를 예측하는 과정이다. 2단계는 사고건수의 분산을 추정하는 과정으로 $\hat{\sigma}^2\{\hat{\lambda}\}$, $\hat{\sigma}^2\{\hat{\pi}\}$ 을 계산한다. 포아송(Poisson) 분포의 특성상 분산은 평균과 같으므로 $\hat{\lambda}$ 의 분산 추정치는 분석대상 지점의 사후 사고건수이고 $\hat{\pi}$ 의 분산은 Delta Method를 이용하여 추정한다. 3단계는 사고변화(δ)와 효율성 척도(θ)를 추정하는 단계이다. 일반적으로 효율성 척도 θ 가 1보다 작을 경우 교통안전사업 시행으로 인한 사고감소 효과가 있는 것으로 판단한다. 4단계는 사고변화(δ)와 효율성 척도(θ)의 편차를 추정하는 과정으로 분석결과와 신뢰도를 평가하는 단계이다. 각 단계별 분석내용 및 계산과정은 다음과 같다.

1단계 : λ 추정, π 예측

$$\begin{aligned}\hat{\lambda} &= N_{at} \\ \hat{\pi} &= \hat{r}_c \cdot N_{bt} \\ \hat{r}_c &= (N_{ac}/N_{bc})/(1+1/N_{bc}) \approx N_{ac}/N_{bc}\end{aligned}$$

2단계 : $\hat{\sigma}^2\{\hat{\lambda}\}$, $\hat{\sigma}^2\{\hat{\pi}\}$ 추정

$$\begin{aligned}VAR\{\hat{\lambda}\} &= N_{at} \\ VAR\{\hat{\pi}\} &\approx \hat{\pi}^2 \cdot \left[\frac{1}{N_{bt}} + \frac{VAR\{\hat{r}_c\}}{\hat{r}_c} \right]\end{aligned}$$

3단계 : δ , θ 추정

$$\begin{aligned}\hat{\delta} &= \hat{\pi} - \hat{\lambda} \\ \hat{\theta} &= (\hat{\lambda}/\hat{\pi}) / (1 + \frac{VAR(\hat{\pi})}{\hat{\pi}^2})\end{aligned}$$

4단계 : $\hat{\sigma}\{\hat{\delta}\}$, $\hat{\sigma}\{\hat{\theta}\}$ 추정

$$\begin{aligned}\hat{\sigma}\{\hat{\delta}\} &= \sqrt{(VAR\{\hat{\pi}\} + VAR\{\hat{\lambda}\})} \\ \hat{\sigma}\{\hat{\theta}\} &= \frac{\hat{\theta} \sqrt{(VAR\{\hat{\lambda}\}/\lambda^2 + VAR\{\hat{\pi}\}/\hat{\pi}^2)}}{[1 + VAR\{\hat{\pi}\}/\hat{\pi}^2]}\end{aligned}$$

여기서,

- N_{bt} : 분석대상 지점의 사전 교통사고 건수
- N_{at} : 분석대상 지점의 사후 교통사고 건수
- N_{bc} : 비교대상 지점의 사전 교통사고 건수
- N_{ac} : 비교대상 지점의 사후 교통사고 건수
- r_c : 비교대상 지점의 사전/사후 교통사고 비율
- λ : 분석대상 지점에서 조사된 실제 사후 사고건수
- π : 분석대상 지점에서 사업이 시행되지 않았을 경우 예측된 사후 사고건수
- δ : 분석 대상지점의 사고변화건수

본 연구에서는 위 4단계 과정을 통해 분석대상 지점의 교통사고 감소건수(δ)와 효율성 척도(θ)를 추정하여 지그재그 노면표시의 교통사고 감소효과를 분석하고자 한다. 효과적으로 활용되는 효율성 척도(θ)는 비교그룹의 교통사고 감소율을 고려하는 척도로 본 연구에서는 효율성 척도의 표준편차를 활용하여 사업시행으로 인한 교통사고 감소효과 구간을 산정하였다.

4. 연구결과

4.1. 분석대상구간 선정 및 교통사고자료 수집

본 연구에서는 2010년 서울시내에 시범 설치된 지그재그 노면표시 설치지점 28개소를 분석대상으로 선정하였다. 도로유형, 규모, 특성에 따른 지그재그 노면표시의 설치효과를 보다 세부적으로 분석하기 위해 대상지점을 도로 유형별, 차로수별, 도로 특성별로 그룹화하여 분석을 수행하였다. 각 그룹별 대상지점 수는 Table 2와 같다.

Table 2. Analytic Group Classification

Type		No. of sites
Road Type	Intersection	10
	Besides	18
No. of lane	Below 6-lane	5
	4-lane ~ 6-lane	17
	Above 6-lane	6
Characteristic	School zone	2
	General	20
	Median bus lane	6
Total		28

분석대상 지점별 비교대상은 도로유형, 차로수, 도로 특성 등의 측면에서 분석대상 지점과 유사한 지점을 선정하였으며, 가능한 동일 도로구간에서 비교지점이 선정될 수 있도록 하였다. 본 연구에서 선정한 비교대상 지점은 Table 3 등과 같다.

Table 3. Improved and Comparison Sites

Classification	No. of lane	Type	Characteristic
Imp*	Gocheok Elementary School	3	Intersection School Zone
	Kyungdong Market	6	Intersection General
	NIS Intersection	8	Intersection General
	Well wedding beffet	8	Others General
	Shinhan bank	8	Others General
	Songwha market	6	Others General
	Doksan hill bus stop	10	Intersection Median bus lane
	Sambu Apt.	6	Others Median bus lane
Com	Maebong Elementary School	3	Intersection School Zone
	Agricultural Cooperatives, Gosanja-ro	6	Intersection General
	Sinwol intersection	8	Intersection General
	Yeongdeungpo Post Office	8	Others General
	Nakseongdae subway station	8	Others General
	Jinhung Apt.	6	Others General
	Geumchen-gu Office bus stop	10	Intersection Median bus lane
	Sinil High School	6	Others Median bus lane

* Improved sites, Comparison sites

본 연구에서는 도로교통공단의 교통사고분석시스템 (TAAS)을 활용하여 지그재그 노면표시 설치지점을 기준으로 시설설치 전·후의 교통사고 자료를 수집하였다. 지그재그 노면표시의 경우 2010년에 시범설치가 이루어져 시설설치 후 자료는 2011년 사고자료를 활용하였으며, 설치 전 자료는 분석의 신뢰성 확보를 위해 2개년 (2008년~2009년) 자료를 수집하여 1개년 자료로 보정하여 분석에 활용하였다. 분석 및 비교지점의 사전·사후 교통사고 현황은 Table 4와 같다.

$$K_a = Adj_d \cdot \sum_{i=1}^n K(i)$$

$$Adj_d = \frac{Year_a}{Year_b} \quad (5)$$

여기서,

K_a : 보정후 교통사고건수

K_i : i 년도 교통사고건수

Adj_d : 기간에 대한 보정계수

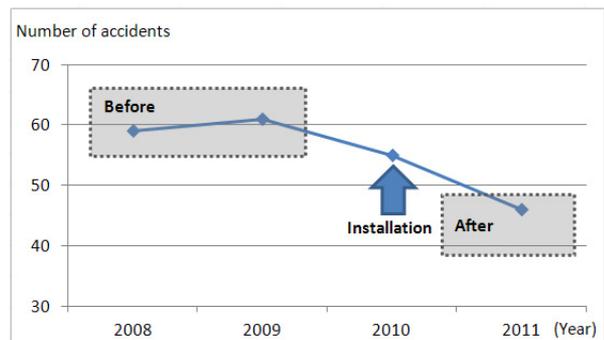


Fig 2. Temporal Extent of Analysis

Table 4. Number of Accidents

Classification	Fatal	Serious injury	Minor injury	Total	
improved sites (Before)	Gocheok Elementary School	0	1	1	1
	Kyungdong Market	1	3	2	5
	NIS Intersection	0	6	11	17
	Well wedding beffet	0	5	9	13
	Shinhan bank	1	9	15	24
	Songwha market	0	2	4	6
	Doksan hill bus stop	0	13	22	35
	Sambu Apt.	2	5	4	10
	Total	7	119	223	348

(표 계속)

improved sites (After)	Gocheok Elementary School	0	1	0	1
	Kyungdong Market	0	1	11	12
	NIS Intersection	0	3	13	16
	Well wedding beffet	0	1	6	7
	Shinhan bank	0	6	8	14
	Songwha market	0	0	3	3
	Doksan hill bus stop	0	4	14	18
	Sambu Apt.	0	4	3	7
	Total	3	87	198	288
Comp. sites* (Before)	Maebong Elementary School	0	0	2	2
	Agricultural Cooperatives, Gosanja-ro	0	2	2	4
	Sinwol intersection	0	4	23	27
	Yeongdeungpo Post Office	0	1	7	8
	Nakseongdae subway station	0	2	10	12
	Jinhung Apt.	0	3	4	7
	Geumchen-gu Office bus stop	1	10	52	63
	Sinil High School	1	5	4	10
	Total	6	88	223	316
Comp. sites (After)	Maebong Elementary School	0	0	1	1
	Agricultural Cooperatives, Gosanja-ro	0	0	2	2
	Sinwol intersection	1	4	13	18
	Yeongdeungpo Post Office	0	2	11	13
	Nakseongdae subway station	0	1	4	5
	Jinhung Apt.	0	2	3	5
	Geumchen-gu Office bus stop	0	12	31	43
	Sinil High School	1	1	4	6
	Total	5	59	166	230

* Comparison sites

교통사고의 발생은 교통량에 비례하여 증가하는 경향을 가진다. 따라서 교통량의 변화가 있을 것으로 판단되는 분석, 즉 동일지점에 대한 시계열적 분석 혹은 공간적으로 상이한 지점에 대한 분석을 수행할 경우 교통량을 반영한 분석을 수행하여야 한다. 본 연구에서는 연차별로 발간되는 서울시 교통량 조사자료를 활용하여 지점별 교통량을 산출하였으며, 교통량을 감안한 교통사고 비교를 위해 차량 1억대·km당 사고건수를 산정하였다.

또한, 사고건수에 의한 효과분석의 경우 사고의 심각도를 설명할 수 없는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 사고 심각도에 대한 고려를 위해 EPDO(Equivalent Property Damage Only) 분석을 사고건수에 의한 효과분석과 병행하여 수행하였다.

$$K_i(hd,k) = \frac{K_i \cdot 10^8}{(AADT \cdot Day \cdot Distance)} \quad (6)$$

$$EPDO(i) = (12 \times \text{사망사고}) + (3 \times \text{부상사고}) + \text{물피사고} \quad (7)$$

여기서,

$K_i(hd,k)$: 차량 1억대·km당 사고건수

K_i : (i)지점 교통사고건수

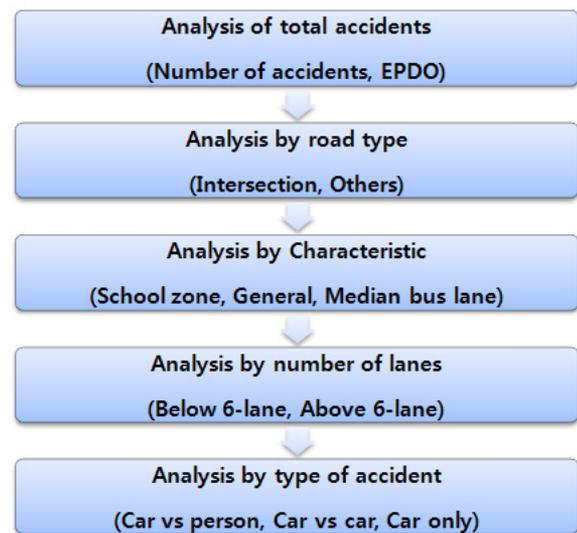


Fig. 3 Process of Analysis

4.2. 분석결과

4.2.1. 전체 지점 분석결과

전체 대상지점에 대한 비교그룹 분석결과 대상지점의 사전·사후 교통사고 발생건수는 1억대 진입 차량당 63.0건(EPDO 200.8), 51.9건(EPDO 161.1)으로, 비교지점의 사전·사후 교통사고 발생건수는 52.2건(EPDO 166.1), 40.5건(EPDO 129.4)으로 분석되었다.

지그재그 노면표시 설치에 따른 효율성 척도는 1.06(EPDO 1.03), 효율성 척도(θ)의 95% 신뢰구간은 0.67~1.45(0.82~1.24)로 나타나, 지그재그 노면표시의 설치에 따른 전체구간의 사고감소 효과는 크지 않은 것으로 분석되었다.

Table 5. Evaluation Results(all sites)

Index	Accidents	EPDO
N_{tk}	63.0	200.8
N_{at}	51.9	161.1
N_{bc}	52.2	166.1
N_{ac}	40.5	129.4
$\hat{\lambda}$	51.9	161.1
$\hat{\pi}$	47.9	155.5
θ	1.06	1.03
δ	-4.0	-5.6
$\hat{\sigma}\{\hat{\theta}\}$	0.20	0.11

4.2.2. 도로유형별 분석결과

대상지점에 대한 도로유형별 분석결과 교차로 그룹의 효율성 척도는 0.92(EPDO 0.97), 단일로 그룹의 효율성 척도는 1.31(EPDO 1.25)로 나타나 교차로 그룹에서 약 8% 정도의 사고감소효과가 있는 것으로 분석되었다.

Table 6. Evaluation Results(by road type)

Index	Intersection		Others	
	Accidents	EPDO	Accidents	EPDO
N_{tk}	60.4	183.7	64.4	210.4
N_{at}	49.5	153.4	53.3	165.4
N_{bc}	60.3	189.8	47.3	151.6
N_{ac}	53.3	163.8	33.3	110.3
$\hat{\lambda}$	49.5	153.4	53.3	165.4
$\hat{\pi}$	52.6	157.7	44.4	152.0
θ	0.92	0.97	1.31	1.25
δ	3.1	4.3	-8.9	-13.4
$\hat{\sigma}\{\hat{\theta}\}$	0.18	0.11	0.24	0.13

그러나, 교차로 그룹의 95% 신뢰구간에서의 효율성 척도는 0.58~1.27(0.76~1.17)으로 분석되어 일부 구간에서는 교통사고가 증가할 수도 있는 것으로 나타났다.

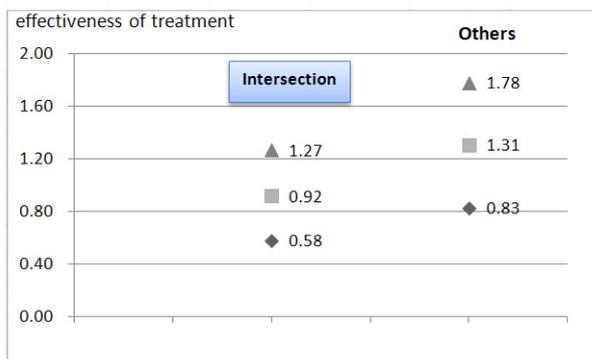


Fig. 4 Confidence Interval(by road type)

4.2.3. 도로특성별 분석결과

도로특성별 분석결과 일반도로, 중앙버스전용차로, 어린이 보호구역 그룹의 교통사고 효율성은 각각 0.82(EPDO 0.75), 1.93(EPDO 1.89), 0.50(EPDO 0.75)으로, 지그재그 노면표시의 설치에 따라 일반도로 그룹과 어린이 보호구역 그룹의 사고가 각각 18%, 50% 감소한 것으로 분석되었다. 반면, 중앙버스전용차로 그룹의 교통사고 효율성 척도는 1.93(1.89)로 나타나 중앙버스전용차로 구간에서는 지그재그 노면표시 설치에 따른 교통사고 감소가 이루어지지 않은 것으로 분석되었다.

Table 7. Evaluation Results(by Characteristic)

Index	General		Median bus lane		School zone	
	Acc*	EPDO	Acc	EPDO	Acc	EPDO
N_{tk}	57.3	180.4	91.3	300.7	35.0	105.1
N_{at}	41.0	125.5	98.2	311.5	22.2	66.6
N_{bc}	44.0	133.0	90.3	300.6	23.8	109.3
N_{ac}	38.7	122.8	49.8	163.9	30.5	91.6
$\hat{\lambda}$	41.0	125.5	98.2	311.5	22.2	66.6
$\hat{\pi}$	49.1	165.4	49.8	163.4	43.1	87.3
θ	0.82	0.75	1.93	1.89	0.50	0.75
δ	8.2	40.0	-48.4	-148.1	20.9	20.7
$\hat{\sigma}\{\hat{\theta}\}$	0.17	0.09	0.28	0.15	0.14	0.12

* Accidents

한편, 95% 신뢰구간에서의 어린이 보호구역 그룹에 대한 효율성 척도는 0.24~0.77로, 전구간에 걸쳐 사고감소효과가 큰 것으로 분석되었다. 일반도로 그룹의 경우 0.49에서 1.15의 신뢰구간을 나타내는 것으로 분석되어, 사업시행에 따른 사고감소효과는 있으나, 일부 구간에서는 사고가 증가할 수도 있는 것으로 분석되었다.

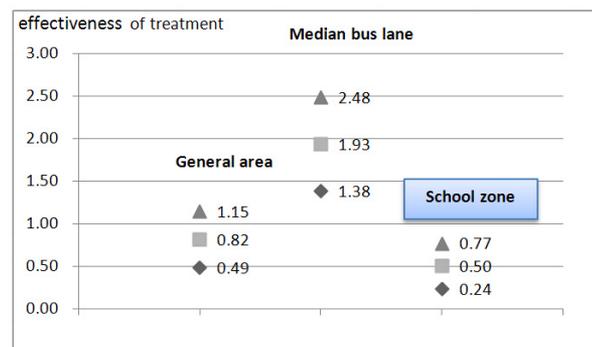


Fig. 5 Confidence Interval(by Characteristic)

4.2.4. 도로규모별 분석결과

도로규모별 분석결과 6차로 미만 그룹의 교통사고 효율성 척도가 0.48(EPDO 0.45)로 나타나, 지그재그 노면표시 설치에 따라 약 52%의 교통사고의 감소효과가 있었던 것으로 분석되었다.

Table 8. Evaluation Results(by number of lane)

Index	Below 6-lane		Above 6-lane	
	Accidents	EPDO	Accidents	EPDO
N_{bt}	69.5	231.3	61.5	194.2
N_{at}	45.5	136.6	53.3	166.5
N_{bc}	23.8	86.6	58.1	182.6
N_{ac}	33.9	101.6	41.9	135.4
$\hat{\lambda}$	45.5	136.6	53.3	166.5
$\hat{\pi}$	94.8	268.1	43.6	143.2
θ	0.48	0.45	1.19	1.15
δ	49.3	131.6	-9.7	-23.2
$\hat{\sigma}\{\hat{\theta}\}$	0.09	0.05	0.22	0.12

반면 6차로 이상 그룹의 교통사고 효율성 척도는 1.19(EPDO 0.22)로, 지그재그 노면표시 설치와 6차로 이상 도로의 교통사고 감소간의 연관성은 적은 것으로 분석되었다. 6차로 미만 그룹의 경우 95% 신뢰구간에서의 교통사고 효율성 척도 또한 0.30~0.65로 나타나, 지그재그 노면표시 설치에 따른 교통사고 감소효과가 큰 것으로 분석되었다.

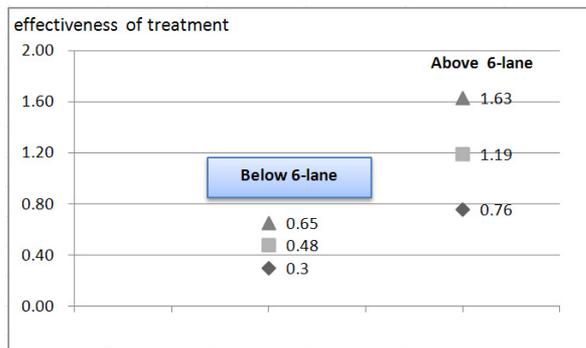


Fig 6. Confidence Interval(by number of lane)

4.2.5. 사고유형별 분석결과

대상지점에 대한 사고유형별 분석결과 차대사람 그룹의 효율성 척도가 0.57(EPDO 0.59)로 나타나 약 43%의 사고감소효과가 있는 것으로 분석되었다.

Table 9. Evaluation Results(by accident type)

Index	Car vs person		Car vs car		Car only	
	Acc	EPDO	Acc	EPDO	Acc	EPDO
N_{bt}	116.3	374.1	226.7	721.7	16.1	48.3
N_{at}	65.7	217.2	216.9	660.7	20.3	60.9
N_{bc}	56.0	206.1	238.5	727.1	14.0	50.3
N_{ac}	55.8	204.5	167.0	508.5	9.7	29.0
$\hat{\lambda}$	65.7	217.2	216.9	660.7	20.3	60.9
$\hat{\pi}$	113.7	369.4	158.1	504.1	10.4	27.3
θ	0.57	0.59	1.36	1.31	1.29	1.54
δ	48.0	152.3	-58.8	-156.6	-9.9	-33.6
$\hat{\sigma}\{\hat{\theta}\}$	0.09	0.05	0.13	0.07	0.43	0.30

그러나 차대차 그룹과 차량단독 그룹의 경우 각각 1.36과 1.29의 효율성 척도를 보이는 것으로 분석되어, 지그재그 노면표시 설치와 차대차·차량단독 사고간 연관성은 적은 것으로 분석되었다.

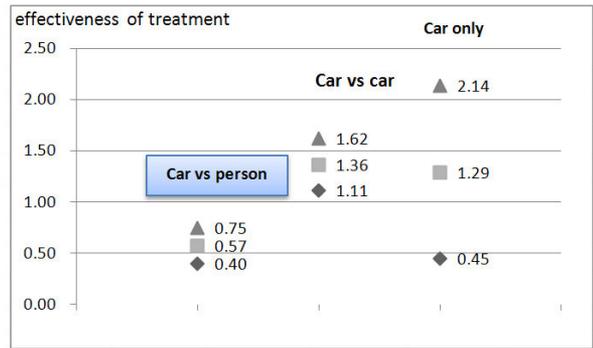


Fig 7. Confidence Interval(by accident type)

95% 신뢰구간에서의 차대사람 그룹의 효율성 척도는 0.40~0.75로 나타나, 차대사람간 사고 유형의 교통사고 감소효과가 큰 것으로 분석되었다.

5. 결론

지그재그 노면표시는 영국 등에서 주정차 금지 및 감속유도를 위해 설치되고 있는 노면표시로 국내에서도 최근 법령개정을 통해 전국적인 확대 설치가 예상되고 있는 교통안전시설이다. 그러나 현재까지 지그재그 노면표시의 교통사고 감소효과에 대한 연구는 부족한 실정으로 본 연구에서는 지그재그 차선의 확대 실시 전 시점에서 시범설치 구간에 대한 사고감소효과를 종합적으로 분석함으로써, 합리적인 시설물 설치 방향을 제시하고자 하였다.

이를 위해 본 연구에서는 시범설치 구간을 도로형태

별, 유형별, 규모별로 세부 분류하여, 비교그룹 방법 중 통계학적 논리성을 갖추었다고 평가받고 있는 Hauer의 방법을 활용, 분석을 수행하였다.

분석결과 도로유형별, 규모별, 특성별, 사고유형별 사고감소효과간 상당한 상이점이 발견되었다. 먼저 특성별 분석결과에서는 어린이 보호구역 그룹과 일반도로 그룹의 사고감소효과가 있는 것으로 분석되었으며, 특히 어린이 보호구역 그룹의 경우 사고감소율이 50%에 달하는 등 상당한 사고감소효과를 보이는 것으로 분석되었다. 다음으로 규모별 분석결과에서는 6차로 미만 도로의 효율성 척도가 0.48로 나타나 사고감소효과는 약 52%에 이르는 것으로 분석되었다. 반면 6차로 이상 도로의 경우 효율성 지표가 1.19로 나타나 오히려 사고가 증가할 수도 있음을 나타내는 결과가 도출되었다. 마지막으로 사고유형별 분석결과에서는 차대사람 그룹의 효율성 지표가 0.57로 나타나 약 43% 정도의 사고감소효과가 있는 것으로 분석되었으나, 차대차, 차량단독 사고의 경우 효율성 척도가 1.0 이상인 것으로 나타났다.

종합분석결과, 지그재그 노면표시의 설치는 규모 측면에서는 6차로 미만 도로, 도로특성 측면에서는 일반 도로 및 어린이 보호구역에서 효과적이라 할 수 있으나, 반대로 6차로 이상의 규모가 큰 도로 및 중앙버스전용 차로 구간 등에서는 오히려 교통안전 측면에서 부정적인 영향을 끼칠 수도 있는 것으로 분석되었다. 이러한 연구결과는 향후 지그재그 노면표시의 확대 설치 시 충분히 검토되어야 할 것으로 판단된다.

한편, 지그재그 노면표시의 경우 2010년에 이르러 시범설치가 이루어진 사업으로 본 연구에서는 분석을 위한 충분한 사고자료를 확보하지 못한 문제점이 있다는 점에서, 향후 연구에서는 어린이 보호구역 등 분석지점이 적었던 유형에 대해서는 자료수집의 범위를 확대하여 분석의 신뢰도를 높일 필요가 있을 것으로 판단되며, 또한, 지그재그 노면표시와 접근속도간 상관관계 분석에 대한 통계적 연구가 병행될 필요가 있을 것으로 판단된다.

References

- Kim, Jeong-Hyun, et al.(2008), Estimation of accident effectiveness based upon the location of traffic signal using C-G Method, *Journal of Civil Engineering*, Vol. 28
- Mun, Sung-Ra(2012), Evaluation of road safety audit on existing freeway by empirical bayes method, *International Journal of Highway Engineering*, Vol. 14.
- Yun, Ilsoo, et al.(2011), Study of effect of the point to point speed enforcement system using a comparison-group method, *International Journal of Highway Engineering*, Vol. 13.
- Lee, Dongmin, et al.(2007), A safety evaluation of shoulder rumble strips on freeway using C-G Method, *International Journal of Highway Engineering*, Vol. 9.
- Lee, Soo-Il, et al.(2000), An analysis on the effect of installing rumble strips on reduction in accident severity using a bayesian method, *International Journal of Highway Engineering*, Vol. 25.
- Soo-Il Lee, et al.(2008), An Analysis on the Effect of Installing Rumble Strips on Reduction in Accident Severity Using a Bayesian Method, *Seoul studies*, Vol. 4.
- Korea Road Traffic Authority(2011), *Statistical analysis for traffic accidents*
- Ministry of government legislation, <http://www.law.go.kr/main.html>
- Korea Road Traffic Authority, <http://taas.koroad.or.kr/index.jsp>
- Harwood, D., et al.(2003), Safety Effectiveness of Intersection Left- and Right Turn Lanes, *Transportation Research Record 1840*, National Reaearch Council, pp. 131~139.
- Hauer, E.,(1997), *Observational Before-After Studies in Road Safety*, Pergamon. Oxford, UK
- Patel, R.,(2007), Estimating Safety Benefits of Shoulder Rumble Strips on Two lane Rural Highways in Minnesota, *Transportation Research Record 2019*, National Reaearch Council, pp. 205~211.
- Persaud, B.,(2001), Observational Before-After Studies of the Safety Effect of U.S. Roundabout Conversions Using the Empirical Bayes Method, *Transportation Research Record 1751*, National Reaearch Council, pp. 1~8
- Shen, J. and A. Gan.(2003), Development of Crash Reduction Factors, *Transportation Research Record 1840*, National Reaearch Council, pp. 50~56.
- (접수일 : 2012. 9. 7 / 심사일 : 2012. 9. 9 / 심사완료일 : 2012. 10. 30)