

■ 論 文 ■

비교그룹방법을 이용한 교통안전 시설물 설치 효과 분석

Analysis of Effects from Traffic Safety Improvement on Roadways using C-G Method

이 동 민

(한국교통연구원 부연구위원)

김 도 훈

(한국교통연구원 연구원)

송 기 섭

(행복중심복합도시건설청 차장)

목 차

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 범위 및 방법

II. 기존연구 및 효과분석 방법론 고찰

1. 기존연구 고찰
2. 효과분석 방법론 고찰

III. 자료수집 및 효과분석 방법론 평가

1. 자료수집
2. 효과분석 방법론 평가
3. 결과분석

IV. 결론 및 향후연구

참고문헌

Key Words : 교통안전개선, 사전사후분석, 비교그룹방법, 교통사고, 도로구간

Safety Improvement, Before and After Study, C-G Method, Traffic Accident, Roadway segment

요 약

교통사고는 도로기하구조, 교통환경, 운전자 요인 등 다양한 원인에 의해서 발생된다. 이러한 교통사고를 예방하기 위해서 다양한 교통안전 시설물이 설치되어 운영되고 있다. 교통사고는 한 가지 원인에 의해서 발생되기 보다는 복합적인 원인에 의해서 발생되기 때문에, 교통안전시설의 효과는 단순한 개선효과로는 설명하기 어렵다. 따라서 본 연구는 다양한 교통안전 개선효과 분석방법론을 적용하여 각 분석방법론의 타당성을 검토하고 도로구간에서 개별 및 복합적으로 설치된 교통안전 시설물에 대한 효과분석을 수행하고자 한다. 본 연구는 도로구간의 교통안전시설물 개선 효과분석을 위해서 다양한 시설물의 설치 이력 및 해당지점에서의 전·후 3년간의 사고이력자료를 수집하였다. 또한 도로의 기능 및 주행조건을 반영하기 위해서 차로수, 곡선반경, 종단경사를 기준으로 도로구간을 총 8개 유형으로 분류하였다. 본 연구에서는 단순사고건수 비교방법, 한쌍비교방법 및 비교그룹 방법을 동일한 자료를 이용하여 분석하여, 비교그룹방법이 상대적으로 효과적인 효과분석 방법론으로 결론짓고, 최종적으로 비교그룹 분석 결과에 따라 미끄럼방지시설, 부가차로설치, 중앙분리대설치 등의 개별 시설물과 복합적으로 설치된 시설물에 따른 교통안전 개선효과를 도출하였다.

Generally, inappropriate driving conditions including geometric, traffic environmental, and driver psychological problems may be critical reasons of traffic accidents. Under this circumstance, various types of facilities have been installed to improve traffic safety by itself or as a set consisting of several other traffic safety facilities. In general, traffic accidents occur by several reasons combined rather than only a single reason, and thus the safety effect of the safety facilities cannot be simply analyzed with only a single improvement. For the study, traffic accident data on the roadway segments of interest are collected along with field survey data. For the analysis, various alternative analysis methods were evaluated in terms of assessing accident reduction from various types of traffic safety improvements. Among the alternative methods tested including simple before-and-after evaluation method, before-and-after evaluation yoked comparison, and Comparison Group (C-G) method, it was found that the C-G method is the most effective method for analyzing the traffic safety improvement effect. Adopting the C-G method, both single and multiple safety improvements were analyzed. The results from this study can potentially be applied to decide the best type of treatments to improve traffic safety as well as to measure the accident reduction effects from the treatments.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

교통사고는 도로의 기하구조, 교통환경, 교통운영 등에 의해서 발생되기도 하지만 운전자 측면의 요인들에 의해서 발생하는 경우가 더 많다. 특히 운전자의 부주의 및 운전미숙 등에 의한 교통사고를 최소화하기 위해 그루빙, 럼블스트립 등의 미끄럼방지시설, 시선유도시설, 버스 정차대 위치 변경, 길어깨 개선 등 다양한 교통안전 사업이 추진되고 있다. 이와 같은 교통안전시설물 설치 등의 교통안전개선사업은 대상 도로의 특성과 기하구조에 따라 효과를 다르게 나타낼 수 있다. 다시 말해서, 적절하지 못한 교통안전 시설물 설치는 오히려 운전자에게 혼란을 유발시켜 교통사고를 야기시킬 수 있다. 미국의 Roadside Guide에서는 도로주변의 위험장애물에 의한 사고위험도를 감소시키기 위한 7가지 방법들 중 방호울타리 등의 교통안전시설 설치의 최하위 순위의 방법으로 소개되고 있다. 도로교통공단에서 2001년부터 교통안전 개선사업의 효과를 매년 분석해오고 있다. 하지만 개선 시설물의 효과분석을 개선전 1년 그리고 개선후 1년간의 사고건수를 단순 비교하여 교통안전 시설물의 개선효과를 평가 하고 있다. 그러나 교통안전개선사업효과를 시행 전·후 1년간의 교통사고 만으로 분석하는 것은 개선효과를 과대 혹은 과소평가할 수 있으며, 개선사업의 직접적인 영향에 의한 효과뿐만 아니라 다양한 주변여건 변화에 의한 사고건수 변화를 고려할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 다년간의 사고자료를 수집하였고, 다양한 효과분석 방법들을 적용해 봄으로써 각 방법들의 문제점을 분석하고자 한다. 분석결과를 토대로 도로구간에서 교통안전 시설물의 개선 효과를 합리적으로 도출할 수 있는 방법론을 선정한다. 또한 선정된 최적의 효과분석 방법론을 적용하여 교통안전시설물이 교통사고 감소에 정량적으로 얼마만큼의 개선효과가 있는가를 분석하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 지방부 도로구간에 설치된 교통안전시설물 개선사업에 대한 효과분석을 수행하고자 한다. 연구범위는 전북지역의 왕복 2차로와 다차로 도로구간이며, 사고이력자료는 2003년~2008년의 경찰청 사고자료를 이용하여 분석한다. 다양한 효과분석 방법론에 대해서 검

토하여 본 연구에 적합한 최적의 효과분석 방법론을 선정 후, 선정된 최적방법을 적용하여 교통안전개선사업의 효과를 분석하고자 한다. 특히, 분석을 위해 차로수, 곡선반경, 종단경사에 따라 그 유형을 분류하여 동일한 개선사업이라도 각각의 유형에 따라 어떠한 사고감소 효과가 발생하는지를 검토하고자 한다.

II. 기존연구 및 효과분석 방법론 고찰

1. 기존연구 고찰

국내에서의 교통안전 시설물 설치 효과분석 관련하여 도로교통공단에서 2001년부터 매년 「교통사고 잦은 곳 개선 사업」 보고서를 발간하고, 이를 통해 일부 분석결과가 제시되고 있다. 교통안전 시설 개선 전·후의 사고건수를 이용하고, 사업의 단계적 특성을 고려하여 단순 사고건수 비교방법을 사용한 효과분석이 수행되고 있다. 단순사고건수 비교법은 개선공사가 시행된 당해연도를 기준으로 공사시행 전년도 총 사고건수와 공사완료 후 일년동안의 총 사고건수를 비교·분석함으로써 그 효과 정도를 파악한다.

삼성교통안전문화연구소에서는 2004년 “도로안전 시설물의 사고감소 효과도 분석”을 수행하였으며, 분석방법으로는 참조집단의 사고특성을 고려하는 EB방법(Empirical Bayes Method)을 이용하여 개선사업의 효과도를 산정하였다. 사고이력자료는 도로안전시설물 설치 전·후 3년간의 자료를 이용하여 개별시설물별 사고유형에 따라 분석하였으며, 그 결과는 <표 1>과 같다.

그 밖에 국내·외에서 수행되었던 교통안전 시설물 효과분석 방법 및 분석결과는 <표 2>에 정리하였다.

<표 1> 사고유형에 따른 교통안전 시설물 효과도

시설명	사고유형		사고변화율(%)
중앙분리대	정면충돌	직선·곡선	-80 ~ -70
	후미추돌	곡선	-5 ~ 20
가드레일	후미추돌	곡선	-85 ~ -55
	측면추돌	직선·곡선	-40 ~ -15
미끄럼방지포장	후미추돌	직선·곡선	-90 ~ -60
갈매기표지	후미추돌	곡선	-90 ~ -40
	측면충돌	직선·곡선	-60 ~ -45
속도규제표지	후미추돌	직선·곡선	-15 ~ 30

주 : 삼성교통안전문화연구소, “도로안전시설물의 사고감소 효과도 분석”, 2004

〈표 2〉 국내외 교통안전 시설물 효과분석 결과

분석 방법	연구자	개선시설물	개선 효과분석
단순 사고건수 비교	김경석, 강승림 (2003)	중앙분리대	총교통사고 -35.5%
			주간사고 -31.3%
	이수범, 박규영 (2000)	중양분리대	총사고건수 -48.20%
		노면요철포장	총사고건수 -42.1%
비교 그룹	정도영 (2008)	어린이보호구역	총사고건수 -29%
	이동민 등 (2007)	노면요철포장	차도이탈건수 -38%
	Griffith (1997)	노면요철포장	전체이탈사고 -18.3% 부상이탈사고 -13% 지방부전체이탈사고 -21%
경험적 베이지 방법	정국영 (2008)	노면요철포장	총사고건수 -14% 활움사고 -28%
	박규영 (2006)	중양분리대	총사고건수 -18.46%
		가드레일	총사고건수 -38.11%
		갈매기표지	총사고건수 -16.24%
	Hirst 등 (2005)	안전카메라	1mph 속도감소에 총사고건수 -4% 감소
	Persaud 등(2004)	신호등	4지: 직각 -67% 추돌 138% 3지: 직각 -34% 추돌 150%
노면요철포장		부상사고 -14% 정면/대향측면 -25%	
Elvik (1997)	안전카메라	부상사고 -20% 물피사고 -12%	

기존연구들은 단순사고건수방법, 비교그룹방법 그리고 경험적 베이지 방법을 적용하여 개선효과를 분석하였으며, 개별 교통안전 시설물에 대한 개선효과 분석만을 수행하였다. 하지만 교통안전시설물 설치는 다양한 교통 안전향상 방안이 같이 설치되는 사례가 많아 분석 자체가 제한되는 경우가 많다. 이에 반하여 본 연구에서는 수집된 데이터를 이용하여 기존연구에서 효과분석을 위해 사용된 다양한 방법들을 본 연구에서 직접 적용해 봄으로써, 각 방법의 효용성을 분석하고자 한다. 또한 개별 시설물에 대한 효과분석뿐만 아니라 여러 가지 교통안전 시설물들이 조합되어 추진된 교통안전개선사업까지도 분석함으로써 결과의 왜곡을 최소화하여 효과분석을 수행하고자 한다.

2. 효과분석 방법론 고찰

1) 단순사고건수 비교방법(Simple Before and After Evaluation Method)

단순사고건수 비교방법은 개선효과를 분석 대상 구간의 사업 전과 후의 사고건수만을 단순비교하는 방법이다. 이 방법은 현재 도로교통공단에서 「교통사고찾은곳 개선사업」을 수행하기 위해 사용되고 있다. 그러나 교통사고를 유발하는 다양한 요인들이 고려되지 않고 단순히 개선사업 전과 사업 후의 사고건수만을 비교하여 효과분석을 수행하여 그 방법론에 대한 문제점이 제기되고 있다. 다음 식은 단순사고건수 비교방법을 나타낸 것이다.

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

여기서, ARF : 사고감소효과

N_a : 개선 후 사고건수

N_b : 개선 전 사고건수

2) 한쌍비교방법(Before and After Evaluation with Yoked Comparisons)

한쌍비교방법은 개선된 구간과 개선되지 않은 구간의 일대일 비교를 통해 교통안전 시설물의 개선효과를 도출하는 방법이다. 이때 개선되지 않은 구간은 개선된 구간과 지역유형, 도로유형, 도로선형, 교통량 등 여러 가지 특성이 유사한 구간으로 선정되어야 분석결과의 유의성을 확보할 수 있다(Griffin, 1997). 다음 식은 한쌍비교 분석을 위해 사용되는 계산식이다.

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

여기서, $\hat{\pi}_i$: 개선구간에 개선이 이루어지지 않았을 경우의 기대사고건수

K_i : 개선구간의 개선 전 사고건수

M_i : 비교구간의 개선 전 사고건수

N_i : 비교구간의 개선 후 사고건수

사고감소효과($\hat{\theta}_i$)는 개선된 구간의 기대사고($\hat{\pi}_i$)와 실제 개선후의 사고($\hat{\lambda}_i$)의 비율로 평가되며, 다음 식과

같이 계산된다.

$$\hat{\theta}_i = \hat{\lambda}_i / \hat{\pi}_i = \frac{L_i M_i}{K_i N_i}$$

여기서, $\hat{\theta}_i < 1$: 사고건수 감소, 개선사업 효과적임
 $\hat{\theta}_i > 1$: 사고건수 증가

한편 사고감소율(E_i)은 %변화로 나타낼 수 있으며, 식과 같이 계산된다.

$$E_i = 100 \times (\theta_i - 1)$$

3) 비교그룹 방법(Before and After Evaluation with Comparison Group)

비교그룹방법은 여러 지점을 비교대상으로 선택하여 교통사고 개선대책의 효과를 비교·평가하는 방법이다. 비교그룹방법의 목적은 평가하고자 하는 사업효과이외에 다른 주변요인들에 의해서 사고의 변화가 발생할 수 있는 경우를 고려하여 대상 사업의 효과만을 분석하고자 하는 데 있다. 이러한 비교그룹을 통한 분석은 다음과 같다.

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

$$\theta = (\lambda/\pi) / [1 + var(\hat{\pi})/\pi^2]$$

- δ : 변화되는 사고건수
- π : 사후시점의 해당도로에서 사업이 시행되지 않았을 가정하의 예측된 사고건수
- λ : 사후시점의 해당도로에서 조사된 실제 사고건수
- θ : 효율성 척도(Index of Effectiveness)
- $var(\hat{\pi})$: 예측된 사고건수의 분산

교통안전시설관련 사전·사후비교분석 시 쉽게 간과할 수 있는 요인들 중 대표적인 것이 사전·사후의 교통량 변화와 사고자료 수집기간의 차이이다. 이는 교통사고자료 수집기간과 총 교통량 비율을 이용하여 보정할 수 있다. 하지만 교통량과 사고수집 기간과는 다르게 현장조사시 측정할 수 없거나 측정하기 매우 어려운 요인들도 있다. 예를 들면, 날씨의 변화, 사회·경제적인 요인의 변화 그리고 운전자 관련 요인들의 변화들은 교통

사고에 크고 작은 영향을 미치지만, 현장에서 측정하기가 매우 어려운 요인들이다. Hauer는 이러한 요인들의 영향을 고려하기 위해서는 비교그룹을 이용한 사전·사후비교분석을 제안하였다.

비교그룹방법의 기본개념은 교통안전시설물이 설치되지 않는 도로 중 분석대상도로와 유사한 도로를 비교대상도로로 선정하여 분석기간 동안의 교통 및 도로조건 변화 등의 외적요인들의 변화를 고려하여 분석대상도로의 사고현황을 분석함에 있다. Hauer의 비교그룹방법의 계산식은 다음과 같이 제안한다.(이동민 등, 2007)

$$\hat{\lambda} = N_{at}$$

$$r_c = (N_{ac}/N_{bc}) / (1 + 1/N_{bc}) \approx N_{ac}/N_{bc}$$

$$\hat{\pi} = \hat{r}_c \cdot N_{bt}$$

$$\omega = \frac{N_{bt} \cdot N_{ac}}{(N_{at} \cdot N_{bc})(1 + \frac{1}{N_{at}} + \frac{1}{N_{bc}})}$$

$$var(\hat{\pi}) = \hat{\pi}^2 [1/N_{bt} + 1/N_{bc} + 1/N_{ac} + var\{\omega\}]$$

$$\hat{\sigma}\{\hat{\delta}\} = \sqrt{(var\{\hat{\pi}\}) + var\{\hat{\lambda}\}}$$

$$\hat{\sigma}\{\hat{\theta}\} \approx \frac{\hat{\theta} \sqrt{(var\{\hat{\lambda}\})/\lambda^2 + (var\{\hat{\pi}\})/\pi^2}}{[1 + var\{\hat{\pi}\})/\pi^2]}$$

- ω : odds ratio
- N_{bt} : 분석대상도로의 사전 교통사고건수
- N_{at} : 분석대상도로의 사후 교통사고건수
- N_{bc} : 비교대상도로의 사전 교통사고건수
- N_{ac} : 비교대상도로의 사후 교통사고건수
- r_c : 비교대상도로의 시행 전/후 교통사고 비율

4) EB방법(Empirical Bayes Method)

EB방법은 참조그룹(Reference Group)을 사용함으로써, 개선효과를 평가할 때 사용되는 기존 방법들의 다양한 문제점, 특히 교통사고관련 정보의 불확실성 문제를 보완하고 극복하기 위해서 개발된 방법이다. EB의 개선 효과 분석 방법은 개선 전 분석구간의 사고건수를 바탕으로 개선 후 기대사고건수를 예측하고, 이에 대해서 분석구간의 개선후 사고건수와 비교하여 개선사업의 효과를 평가하는 방법이다. 해당지점과 참조지점으로부터의 사고이력자료의 결합은 다음과 같이 가중평균을 이용하여 산출된다.

해당지점에서 사고건수 기댓값의 추정치 =
가중치 × 참조집단의 사고건수 기대값 + (1-가중치)

여기서, $0 \leq \text{가중치} \leq 1$

위의 가중치를 이용하여 분석구간에서 개선이 이루어지지 않았을 경우의 예측된 사고건수와 개선 후 예측된 사고건수를 통해 개선효과 분석이 가능하다.

현재 EB방법의 효과분석 결과가 가장 합리적인 것으로 보고되고 있으나 EB방법은 모형 구축이 매우 복잡하고 다년간의 사고이력자료가 확보되어야 분석이 가능하여 본 연구에서는 실제 비교 대안에서 고려하지 않았다. 따라서 본 연구에서는 교통안전 개선사업 효과분석을 위해 단순사고건수법, 일대일비교방법, 비교그룹방법을 수행함으로써 각각의 분석방법이 갖는 장점 및 단점을 비교·분석하여 최적의 분석 방법론을 결정하고 다양한 교통안전 시설물의 개선효과분석 결과를 도출한다.

III. 자료수집 및 효과분석 방법론 평가

1. 자료수집

도로구간에서의 교통안전시설물 개선효과 분석을 위해서는 해당시설물의 설치년도 기준으로 다년간의 사고자료를 이용하여 분석해야 최적의 결과를 도출해낼 수 있다. 그러나 현실적으로 다년간의 개선시설물의 설치이력자료 및 사고자료를 얻기가 매우 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 시설물 설치이력자료 수집이 가능한 남원 및 전주 국토관리사무소의 자료를 수집하였으며, 사고이력자료는 2003년~2008년 지방부 전라북도 도로구간에서 발생한 차대차 사고 및 차량 단독사고 자료를 이용하였다. 분석에 사용된 사고건수는 시설물 설치 전과 후의 연평균 사고건수를 적용하였다. 분석대상지의 조사구간은 국도 17, 19, 22, 23, 24, 27, 29, 30, 37 호선이다. 조사항목은 개선 사업명, 개선전과 후의 사고이력, 교통량외에 해당 개선사업 구간의 현장조사를 통해 수집된 곡선반경, 종단경사, 도로폭, 차량진출입구 수, 길어깨, 조명시설 등 다양한 변수들을 추가로 조사하여 교통안전 개선을 위한 최종 효과분석 DB를 구축하였다. 단순사고건수 비교방법은 분석구간에서의 교통안전 개선시설물 설치 전과 후의 사고건수에 의해서 개선효과를 분석하지만 한쌍비교방법 및 비교그룹방법은 분석구

〈표 3〉 도로유형 선정 기준

기호	유형
1	2차로, 반경있음, 구배있음
2	2차로, 반경있음, 구배없음
3	2차로, 반경없음, 구배있음
4	2차로, 반경없음, 구배없음
5	4차로, 반경있음, 구배있음
6	4차로, 반경없음, 구배있음
7	4차로, 반경있음, 구배없음
8	4차로, 반경없음, 구배없음

〈표 4〉 효과분석 DB의 개선사업 유형

표시	개선사업명	샘플수
A	낙석방지시설설치	5
B	미끄럼방지	9
C	보행자시설	58
D	부가차로	14
E	중앙분리대	26
F	미끄럼방지, 시인성향상	1
G	버스정차대, 우회전차로	1
H	시인성향상, 중앙분리대	5
I	낙석방지시설, 중앙분리대, 시인성향상	2
J	미끄럼방지, 버스정차대, 좌회전설치	2
K	보행자보호, 시인성향상, 중앙분리대	4
L	길어깨개선, 낙석방지, L형측구개선	1
M	가속차로, 감속차로, 버스정차대, 정차로	1
N	미끄럼방지, 버스정차대, 시인성향상, 좌회전차로	2
O	버스정차대위치조정, 미끄럼방지, 시인성향상, 중앙분리대	5

간과 유사한 구간을 선정하여 분석한다. 유사한 구간 선정시 분석가의 주관에 따라 선정된다면 왜곡된 결과를 초래할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 〈표 3〉과 같이 차로수가 왕복 2차로와 다차로, 곡선반경유무, 종단경사유무에 따라서 비교그룹을 선정할 수 있도록 구분하였다.

본 연구에서 수집된 자료에서 개선사업 유형은 낙석방지시설 설치, 미끄럼방지시설 설치, 보행자 시설 설치 등 총 15개 유형으로 구분된다. 특히 본 연구에서 수집된 효과분석 DB는 개별 개선사업 및 복합적인 개선사업이 수행되었을 경우 모두 효과분석이 가능하도록 하였으며, 개선사업 항목은 〈표 4〉와 같다.

2. 효과분석 방법론 평가

1) 단순사고건수 비교방법

기존의 단순사고건수법이 갖는 문제점 중에 하나는 개선사업 전과 후의 1년간 사고건수만을 비교하여 개선

〈표 5〉 단순사고건수 비교분석 결과

개선 시설	도로 유형	개선구간 사고건수		사고변화	
		전(건/년)	후(건/년)	ARF	(%)*
A	1	0.00	0.50	0.50	50
	3	0.00	0.50	0.50	50
	4	0.33	0.00	-1.00	-100
B	1	0.33	0.00	-1.00	-100
	3	0.33	1.00	2.00	200
C	1	0.33	0.00	-1.00	-100
	3	0.33	0.00	-1.00	-100
	5	1.67	1.00	-0.40	-40
	7	1.67	0.00	-1.00	-100
D	1	0.33	0.33	0.00	0
	3	0.00	0.33	0.33	33.3
	5	0.33	1.00	2.00	200
	7	2.00	0.50	-0.75	-75
E	1	0.33	0.50	0.50	50
	2	0.67	0.00	-1.00	-100
	3	1.00	1.00	0.00	0
	4	0.67	0.00	-1.00	-100
	5	0.00	1.00	1.00	100
	7	1.33	1.00	-0.25	-25
G	1	0.67	0.33	-0.50	-50
H	3	0.67	0.00	-1.00	-100
	5	6.00	6.00	0.00	0
	7	3.67	6.00	0.64	63.6
	8	3.67	4.00	0.09	9.09
I	4	0.67	0.00	-1.00	-100
	7	0.33	0.00	-1.00	-100
J	1	0.33	0.00	-1.00	-100
K	5	0.33	0.00	-1.00	-100
L	5	3.33	2.50	-0.25	-25
M	1	0.33	0.00	-1.00	-100
N	3	1.00	1.00	0.00	0
O	1	0.00	0.50	0.50	50
	3	0.33	0.50	0.50	50
	7	2.00	0.50	-0.75	-75

주: *는 (ARF-1)×100으로 산출된 값임

사업 효과도가 과대 또는 과소 추정된다는 것이다. 따라서 본 연구에서는 개선사업 전과 후의 3년간의 평균 교통사고 건수를 이용하여 기존의 문제점을 다소 보완하고자 하였다.

단순사고건수 비교방법론은 개선전과 후의 사고건수가 모두 "0"일 경우에는 개선효과가 없다는 결론이 도출된다. 본 연구에서는 사전 및 사후 교통사고 건수 모두가

"0"인 지점을 제외한 구간에서의 교통안전 개선시설 설치에 따른 효과분석을 수행하였으며, 그 결과는 〈표 5〉와 같다.

단순사고건수 비교방법론의 평가 결과 본 연구에서 수집된 개선 후의 사고이력 자료의 교통사고 건수가 "0"일 경우에는 100% 교통안전시설물 설치의 개선효과가 있다는 과대 추정된 결과가 일부 도출되었다. 단순사고건수 비교방법론은 분석방법이 간단한 장점이 있지만 다른 요인에 의해서 발생할 수 있는 사고건수 변화를 고려할 수 없다. 예를 들면, 〈표 5〉에서 B-3, 즉, 미끄럼방지시설이 있는 유형3(2차로, 반경없음, 구배있음)의 경우에는 200%의 사고증가효과가 나타났다. 이는 미끄럼방지시설 설치가 안전성 향상을 높인다는 일반 개념과 상반된 결과이다. 이러한 결과는 분석하고자 하는 요인 이외에 다른 요인의 변화에 따른 영향을 고려하지 못해 잠재적으로 부정확한 결과가 도출된 것으로 판단된다.

2) 한쌍비교방법

한쌍비교방법을 적용하기 위해서 적절한 쌍을 만드는 것이 중요하고 쌍을 이룰 수 있는 기준을 결정하는 것이 보다 중요하다. 본 연구에서는 분석구간(개선된 구간)과 비교구간(개선되지 않은 구간)에 대해서 다음의 조건에 맞도록 그 특성이 유사한 구간으로 선정하였다.

- 지역 : 지방부
- 도로유형 : 도로구간
- 도로선형요소 : 차로수, 종단경사, 곡선반경
- 동일권역내 : 전라북도

또한 한쌍비교방법은 개선구간의 사고건수가 "0"인 구간은 개선효과를 도출하기 어렵기 때문에 개선구간의 전과 후의 사고건수가 "0"인 구간은 제외하였다.

한쌍비교방법론을 적용한 결과는 〈표 6〉과 같으며, 한쌍비교분석 방법은 분석구간에서의 사후 사고건수가 "0"일 경우에는 100%의 개선효과가 있는 것으로 도출된다. 이는 적은 교통사고 이력자료를 이용하여 개선효과 정도를 정량적으로 분석하기에는 결과의 왜곡 가능성이 있음을 설명하고 있다. 또한 한쌍비교방법은 분석구간과 유사한 구간을 선정하기가 어려우며, 비교구간이 오직 하나의 구간에 의존하므로 과대 또는 과소 예측결과가

〈표 6〉 한쌍비교방법론 적용 결과

개선시설	도로 유형	개선구간 사고건수		참조구간 사고건수		기대사고건수*	사고감소효과		
		전(건/년)	후(건/년)	전(건/년)	후(건/년)		사고감소효과**	사고변화율	평균사고변화율
B	1	0.33	0.33	0.67	0.33	0.17	2	100	100
	3	1.33	0.67	0.33	0.33	1.33	0.5	-50	-50
C	1	1.67	1.00	0.33	0.33	1.67	0.6	-40	218.75
	5	0.33	1.00	0.67	0.33	0.17	6	500	
	5	1.33	0.50	0.33	0.33	1.33	0.38	-62.50	
E	1	1.00	1.00	0.33	0.33	1.00	1	0	-50
	1	1.00	0.00	0.67	0.33	0.50	0	-100	
	3	1.33	1.00	0.33	1.00	4.00	0.25	-75	
H	5	6.00	6.00	3.67	6.00	9.82	0.61	-38.89	-38.89
	7	0.33	1.00	2.00	0.50	0.08	12	1100	1100
K	5	1.00	0.00	1.67	1.00	0.60	0	-100	-100
L	5	3.33	2.50	1.67	1.00	2.00	1.25	25	25
O	7	2.00	0.50	3.67	6.00	3.27	0.15	-84.72	-84.03
	7	1.00	0.50	0.33	1.00	3.00	0.17	-83.33	

주 : * 기대사고건수=개선구간 사전사고건수×(참조구간 사후 사고건수/참조구간 사전 사고건수)
 사고감소효과=개선구간 사후 사고건수/기대사고건수, *사고감소율=100×(사고감소효과-1)

도출될 여지가 있다. 따라서 다수의 유사한 개선구간에서의 평균효과도를 분석할 수 있도록 보다 많은 사고자료가 수집되어야 한다.

3) 비교그룹방법

Hauer(1997)는 비교그룹 분석방법에서는 다음과 같은 조건에 유의하여 분석해야 함을 강조한 바 있다. 본 연구에서는 이러한 기준을 만족하는 자료들만을 대상으로 분석하였다.

- 해당그룹과 비교그룹에 대하여 사전·사후 기간은 동일한 기간이어야 함
- 안전에 영향을 미치는 요인의 변화는 두 그룹 간 유사성을 가져야 함
- 비교그룹의 사고건수는 해당그룹의 사고건수와 비교하였을 때 충분히 커야 함

비교그룹 방법은 한쌍비교방법과 기본방향은 유사하나 한쌍비교방법은 구간마다 동일한 개선시설물을 적용하여도 그 효과가 다르게 분석될 수 있는 단점이 있는 반면, 비교그룹방법에서는 평균적인 효과가 나타나, 왜곡된 결과를 최소화할 수 있다.

비교그룹을 선정하기 위해서 한쌍비교구간 선정 방법

과 동일한 기준을 적용하였으며, 분석결과는 〈표 7〉과 같다.

비교그룹방법은 다수의 비교지점을 선택할 수 있어 한 지점을 선택함으로써 발생할 수 있는 오류를 보완할 수 있다. 즉, 비교그룹 방법은 다수의 비교그룹을 비교 대상으로 선택하여 비교대상지점이 한 지점이어서 발생할 수 있는 편향의 현상의 제거가 가능하기 때문이다. 또한 비교그룹방법을 제외한 다른 효과분석 방법들은 어떤 지점에서 과거 몇 년간 많은 교통사고가 발생하였다 하더라도 그것이 일시적인 현상일 수 있기 때문에 장래 교통사고의 특성은 전혀 다를 수 있다는 교통사고의 불확실성을 내포하고 있다. 그러나 비교그룹방법은 교통사고의 불확실성으로 인한 도로의 안전도 평가의 왜곡 현상은 교통특성 및 도로의 구조가 비슷한 지점(Comparison group)의 교통사고 현황을 이용하여 극복될 수 있다. 이는 개선사업이 이루어지지 않았을 경우에 발생 가능한 사고건수를 추정하여 개선사업 후에 발생한 실제 사고건수와 비교함으로써 개선사업의 효과를 분석하는 것이다. 따라서 앞에서 다양한 개선효과 분석 방법론을 적용하여 분석한 결과 본 연구에서는 비교그룹분석방법론이 타 분석 방법들에 비해 보다 효과적인 것으로 분석된다.

〈표 7〉 비교그룹 방법론 적용 결과

개선시설	도로유형	개선구간 사고건수		비교그룹 사고건수		λ	π	$var(\hat{\pi})$	r_c^*	사고변화		
		전(건/년)	후(건/년)	전(건/년)	후(건/년)					감소건수**	감소율***	변화율****
B	1	0.67	0.33	1.00	0.50	0.33	0.08	0.25	0.25	0.25	0.11	-89.00
	3	3.33	1.67	6.67	9.17	1.67	1.99	0.63	1.20	0.33	0.72	-28.00
C	1	5.33	8.50	7.00	6.33	8.50	6.73	0.56	0.79	-1.77	1.25	24.79
	3	1.33	2.33	8.67	8.50	2.33	2.05	0.57	0.88	-0.28	1.00	0.12
	5	9.33	4.50	13.00	11.67	4.50	3.75	1.65	0.83	-0.75	1.07	7.41
D	1	0.67	0.67	11.67	14.17	0.67	0.75	0.40	1.12	0.08	0.52	-48.05
	5	2.33	2.17	20.00	14.00	2.17	1.44	1.39	0.67	-0.72	0.90	-10.05
	7	4.67	2.00	12.00	10.00	2.00	1.54	1.52	0.77	-0.46	0.79	-20.77
E	1	3.33	4.00	9.00	10.83	4.00	4.33	0.59	1.08	0.33	0.89	-10.51
	3	3.33	4.00	6.67	6.83	4.00	3.57	0.65	0.89	-0.43	1.07	6.75
	5	0.00	1.00	22.33	15.17	1.00	0.65	1.19	0.65	-0.35	0.40	-59.65
	7	2.33	2.00	14.33	10.00	2.00	1.30	1.63	0.65	-0.70	0.78	-21.59
G	1	0.67	0.33	11.67	14.50	0.33	0.38	0.40	1.14	0.05	0.23	-76.56
H	5	6.00	6.00	67.33	58.83	6.00	5.17	0.87	1.12	-0.83	1.12	12.48
	7	4.00	7.00	12.67	5.00	7.00	2.56	3.56	0.37	-4.44	1.77	77.21
L	5	3.33	2.50	19.00	13.67	2.50	1.71	1.13	0.68	-0.79	1.05	5.48
N	3	1.00	1.00	9.00	9.83	1.00	0.98	0.41	0.98	-0.02	0.72	-28.50
O	3	0.33	1.00	9.67	9.83	1.00	0.92	0.43	0.92	-0.08	0.72	-28.17
	7	3.00	1.00	13.67	11.00	1.00	0.75	1.44	0.75	-0.25	0.37	-62.63

주 : * $r_c = (\text{개선구간사후사고건수}/\text{비교구간사전사고건수}) / (1 + 1/\text{비교구간사전사고건수})$, **감소건수 = $\pi - \lambda$,
 감소율 = $(\lambda/\pi) / (1 + (var(\hat{\pi})/100 \times \pi^2))$, *변화율 = $100 \times (\text{감소율} - 1)$

3. 결과분석

본 연구에서는 교통안전시설물 설치 효과분석을 위해 서 동일한 사고자료를 이용하여 단순사고건수법, 한쌍비교분석, 비교그룹분석 방법을 적용하여 분석결과를 비교하고 개별 분석방법론의 장점 및 단점을 분석하였다. 그 결과 비교그룹방법론이 단순사고건수법과 한쌍비교분석에서 발생할 수 있는 문제점을 보완하여 가장 타당한 분석결과가 도출되는 것으로 분석되었다. 예를 들어, 〈표 8〉에서 보는 바와 같이 개선시설 B(미끄럼방지시설)는 일반적으로 교통사고를 감소시키는 역할을 한다. 그러나 단순사고건수 방법의 경우에는 해당지점의 개선사업 전과 후의 단순사고건수 비교를 통해 과대 추정된 결과로 보여지며, 한쌍비교방법의 경우와 비교그룹방법이 보다 일반적인 결과가 도출되었다. 또한 개선시설 H(시인성 향상시설물, 중앙분리대)의 유형7(4차로, 반경있음, 구배없음)의 경우에는 한쌍비교 결과 개선사업 전과 후의 사고가 1,100% 증가하는 것으로 분석되었으나 이는 분석방법론상에서 비교지점이 하나의 지점이기 때문에 과대 예측된 결과이다.

〈표 8〉 효과분석 결과 비교

개선시설	도로유형	사고변화(%)		
		단순사고	한쌍비교	비교그룹
B	3	200	-50	-28
	1	-100	-40	25
C	5	-40	219	7
	1	50	-50	-11
E	3	-100	-75	7
	5	0	-39	12
H	7	64	1,100	77
	5	-25	25	5
O	7	-75	-84	-63

따라서 본 연구는 비교그룹 방법을 적용하여 아홉 가지 개선사업 시설물에 대한 효과분석 결과를 도출하였다. 우선, 단일개선사업에 대한 효과분석 결과 미끄럼방지시설(개선시설 B)이 설치되었을 경우에 유형 1 사례(2차로도, 곡선반경있음, 종단경사있음)에서는 89%, 유형 3 사례(2차로, 곡선반경없음, 종단경사있음)에서는 28%의 사고절감효과가 있는 것으로 분석되었다. 이는 미끄럼방지시설은 평면곡선부에 설치하는 것이 보다 효과적임을 알 수 있다. 보행자보호시설(개선시설 C) 설

치시 유형1(2차로, 반경있음, 구배있음), 유형3(2차로, 반경없음, 구배있음), 유형5(4차로, 반경있음, 구배있음)의 경우 모두 사고가 증가되는 것으로 나타났다. 이를 분석하면, 보행자시설 설치시 동일 조건에서 2차로보다 4차로에서 사고가 감소되며, 곡선반경이 없는 도로구간의 경우에는 사고가 더욱 감소될 수 있는 것으로 해석된다. 부가차로(개선시설 D)가 설치된 경우에는 유형1, 유형5 그리고 유형7에서 각각 48.05%, 10.05% 그리고 20.77%의 사고절감효과가 있는 것으로 나타나, 부가차로 역시 평면곡선부에서 보다 효과적임을 알 수 있다. 그리고 중앙분리대가 설치되었을 경우에는 유형 1, 5, 7에서는 교통사고감소에 개선효과가 있는 것으로 나타났으나, 유형 3의 경우에는 사고가 오히려 증가하는 것으로 나타났다. 즉, 평면곡선부에서의 중앙분리대는 교통사고를 감소시킬 수 있는 중요한 시설물임을 알 수 있다.

복합적인 개선사업 경우의 개선효과를 분석하였다. 버스정차대 위치조정과 우회전전용차로 설치는 교통사고를 감소하는데 개선효과가 있는 것으로 분석되었으며, 교통량이 많은 4차로도로 중에서 평면곡선부가 있는 도로구간에 설치하는 경우(유형 5, 7)에 시인성 향상 시설물과 중앙분리대를 설치하는 경우에는 사고건수가 오히려 증가하는 것으로 분석되었다. 하지만 이와 달리 사고심각도의 경우에는 개선사업 전의 사고심각도 보다 개선사업 후의 심각도가 감소되는 것을 알 수 있다. 그러므로 시인성 향상 시설물과 중앙분리대가 도로의 장애물 혹은 교통 접촉사고 등을 유발하지만, 인명피해 사고 등의 심각도가 높은 사고 예방에는 효과적임을 알 수 있다 (<표 9>). 이는 시인성향상 시설물과 중앙분리대가 4차로 도로구간, 곡선반경이 있을 경우에 발생한 사고빈도 자체는 증가될 수 있으나 중앙분리대 방호울타리 역할로 심각도가 높은 사고 발생이 감소되는 것으로 판단된다.

길어깨개선, 낙석방지, L형측구개선 사업이 수행되었을 경우 유형5에서 사고가 5.48% 증가하는 것으로 분석되었다. 미끄럼방지, 버스정차대위치조정, 시인성향상 시설 그리고 좌회전전용차로가 유형 3에 설치되었을 경우에는 교통사고가 28.50%의 감소효과가 나타났으며, 버스정차대위치조정, 미끄럼방지, 시인성향상시설 그리고 중앙분리대가 유형 3에서 복합적으로 설치되었을 경우에 28.17%가 감소하며, 유형7에서는 62.63%의 교통사고 감소효과가 있는 것으로 분석되었다.

<표 9> H5와 H7 유형에서의 사고심각도 변화

구분	H5		H7	
	사업전	사업후	사업전	사업후
사망	1	0	0	0
부상	19	14	20	12

IV. 결론 및 향후연구

교통사고는 도로의 기하구조, 교통환경, 교통운영 등에 의해서 발생되기도 하지만 운전자 측면의 요인들에 의해서 발생하는 경우가 더 많다. 특히 운전자의 부주의 및 운전미숙 등에 의한 교통사고를 최소화하기 위해 미끄럼방지시설, 시인성 향상 시설, 버스 정차대 위치 변경, 길어깨 개선 등 다양한 교통안전사업이 추진되고 있다. 그러나 획일적인 교통안전시설물 설치보다는 도로 기능 및 주행조건 등의 조건에 따라 적절한 교통안전시설물이 설치되어야 운전자의 안전을 보장할 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 차로수, 곡선반경, 종단경사를 기준으로 선정하여 교통안전 개선사업이 진행된 도로구간을 총 8개 유형으로 분류하였으며, 이러한 개선사업에 대한 적절한 효과분석 방법론을 선택하기 위해 단순사고건수 비교방법, 한쌍비교방법 그리고 비교그룹 방법을 적용하였다. 그 결과 단순사고건수 비교방법과 한쌍비교방법은 어떠한 지점에서 발생한 사고건수가 일시적인 현상으로 발생할 수 있어 장래 교통사고의 특성을 다룰 수 있다는 불확실성을 내포하고 있다. 그러나 비교그룹방법은 다수의 참조그룹을 비교 대상으로 선택하여 비교대상이 한지점이어서 발생할 수 있는 편의현상의 제거가 가능하기 때문에 본 연구에서 최적의 효과분석 방법론으로 선정하였다. 비교그룹방법을 적용하여 개선사업을 도로유형(차로수, 곡선반경유무, 종단경사유무)에 따라 분석한 결과 9개의 개선사업에 대해서 효과분석 결과를 도출하였다. 이 중에서 단일개선사업으로서 B(미끄럼방지시설), C(보행자시설), D(부가차로), E(중앙분리대설치)에 대한 개선효과분석 결과를 도출하였으며, 복합적인 개선사업으로서 G(버스정차대,우회전전용차로), H(시인성향상시설물, 중앙분리대), L(길어깨개선, 낙석방지,L형측구개선), N(미끄럼방지, 버스정차대, 시인성향상, 좌회전전용차로) 그리고 O(버스정차대위치조정, 미끄럼방지, 시인성향상시설물, 중앙분리대) 사업에 대한 개선효과를 분석하였다.

본 연구결과를 토대로 보다 효과적인 교통안전개선사

업이 추진되기 위해서는 다음과 같은 향후 연구가 지속되어야 할 것이다.

첫째, 다양한 분석방법론의 적용이다. 본 연구에서는 단순사고건수 비교법, 한쌍비교분석법 그리고 비교그룹 분석방법을 적용하여 개선시설물의 효과분석을 수행하였다. 이러한 방법론은 일반적으로 적용되는 효과분석 방법론이다. 그러나 메타분석, CART분석, EB분석방법 등 다양한 분석방법론을 적용하여 다양한 교통안전 시설물에 대한 효과 변화를 분석할 필요성이 있다.

둘째, 다년간의 사고이력자료의 확보이다. 본 연구에서 사용된 사고자료는 개선사업 전과 후 각각 3년간의 자료이다. 이는 개선효과를 분석하기에는 다소 적다고 할 수 있다. 따라서 향후에는 충분한 사고이력자료를 바탕으로 본 연구가 지속적으로 수행되어 교통안전개선사업 관련 정책추진에 도움이 될 기준 개발이 필요하다.

참고문헌

1. 도로교통공단, “교통사고 잦은 곳 기본개선 계획 및 효과분석”.
2. 삼성교통안전문화연구소(2004), “도로안전시설물의 사고감소 효과도 분석”.
3. 정도영(2008), “어린이보호구역 설치에 따른 교통사고 감소효과 분석”, 서울시립대학교 석사학위 논문.
4. 정국영(2008), “노면요철포장 설치에 따른 사고전환 효과분석”, 한양대학교 석사학위 논문.
5. 이동민 · 강제홍 · 성낙문 · 정봉조(2007), “C-G Method를 이용한 고속도로 노면요철 포장의 교통사고감소 효과분석”, 한국도로학회지, 제9권 제2호, 한국도로학회, pp.77~87.
6. 박민호 · 박규영 · 장일준 · 이수범(2006), “중앙분리대 설치에 따른 사고전환효과 분석”, 대한교통학회지, 제24권 제2호, 대한교통학회, pp.113~124.
7. 김경석 · 강승림(2003), “중앙분리대의 사고감소효과 분석에 관한 연구”, 대한교통학회지, 제21권 제2호, 대한교통학회, pp.45~60.
8. 이수범 · 박규영(2000), “도로안전시설의 교통사고 감소효과 측정에 관한 연구”, 대한토목학회 논문집, 제20권 제2-D호, 대한토목학회, pp.139~147.
9. Persaud(2004), “Crash Reduction Following Installation of Centerline Rumble Strips on Rural Two-Lane Roads”, Accident Analysis and Prevention, Vol.36, pp.1073~1079.
10. Hauer, E., et.al.(2002), “The Empirical Bayes Method for Estimating Safety: A Tutorial”, TRR 1784, Washington D.C.
11. Griffin, L.I, R.j. Flowers.(1997), “A Discussion of Six Procedures for Evaluating Highway Safety Projects”, FHWA, December 1997.
12. Elvik, R.(1997), “Evaluations of Road Accident Blackspot Treatment: A Case of the Iron Law of Evaluation Studies”, Accident Analysis and Prevention, Vol.29, No.2, pp.191~199.
13. Hauer, E. (1997), “Observation before-after Studies in Road Safety”, Pergamon/Elsevier Science Inc., Tarytown, New York.

✉ 주 작성자 : 이동민

✉ 교신저자 : 김도훈

✉ 논문투고일 : 2011. 1. 24

✉ 논문심사일 : 2011. 3. 7 (1차)

2011. 3. 27 (2차)

2011. 4. 29 (3차)

✉ 심사판정일 : 2011. 4. 29

✉ 반론접수기한 : 2011. 10. 30

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필