ARTICLE

경험적 베이즈 기법을 활용한 마을주민 보호구간 적용의 사고감소 효과분석

맹기영[1] · 이동윤[2] · 박병정[3*] · 박호철[4]
[1]명지대학교 교통공학과 석사과정, [2]한국교통연구원 도로교통연구본부 주임연구원,
[3]명지대학교 교통공학과 교수, [4]명지대학교 교통공학과 조교수

Analysis of Safety Effectiveness of Village Zone Using Empirical Bayes Method

MAENG, Giyoung[1] · LEE, Dongyoun[2] · PARK, Byung-Jung[3*] · PARK, Ho-Chul[4]

[1]Master Course, Department of Transportation Engineering, Myongji University, Gyeonggi 17150, Korea
[2]Research Engineer, Department of Road Transport, The Korea Transport Institute, Sejong 30147, Korea
[3]Professor, Department of Transportation Engineering, Myongji University, Gyeonggi 17150, Korea
[4]Assistant Professor, Department of Transportation Engineering, Myongji University, Gyeonggi 17150, Korea

*Corresponding author: bjpark@mju.ac.kr

Abstract

Recently, the development of improving road geometries and automobile technologies have enabled high-speed driving, and drivers passing through towns and villages may not recognize their entrance to the village zone, resulting in a high severity of traffic accidents when it occurs. As a result, protective measures are implemented in the form of village zone to reduce pedestrian accidents and safeguard locals. The previous evaluations of the effectiveness of improvement projects have been limited to simple before and after comparisons of traffic accident frequencies or rates, which do not take into account inherent regression to the mean effects, traffic volume, and temporal trends. To remedy these limitations, this study has utilized the empirical bayes method to get a more accurate analysis of the reduction in traffic accidents, while also testing the significance of changes in the ratio of specific accident types compared to the total number of traffic accidents through the wilcoxon signed rank test. Results revealed a 28.98% decrease in all types of accidents, a 50.52% decrease in serious and fatal accidents, and a 66.89% decrease in fatal accidents. Furthermore, the analysis found that the number of vehicle-pedestrian accidents did not show statistical significance at a 95% confidence interval, emphasizing the need for proactive installation of safety facilities to reduce pedestrian accidents when installing safety facilities in Village Zones in the future. It is also recommended to continue exploring potential sites for improvement projects to protect residents while prioritizing the maintenance of existing zones.

Keywords: empirical bayes method, pedestrian accident, regression to the mean, village zones, wilcoxon signed ranked test

초록

최근 도로 기하구조의 직선화 개량사업과 자동차 기술의 발달로 고속주행이 가능해짐에 따라 지방부 도로의 읍·면·동 지역을 지나는 운전자들은 마을 진입을 인지하지 못해 교통사고 발생 시 심각도가 높아지는 경향이 있다. 이로 인해 마을을 따라 발생하는 사고를 예방하고자

J. Korean Soc. Transp.
Vol.42, No.1, pp.1-15, February 2024
https://doi.org/10.7470/jkst.2024.42.1.001

pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

ARTICLE HISTORY
Received: 28 April 2023
Revised: 23 May 2023
Accepted: 19 July 2023

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.

마을주민 보호구간 개선사업을 진행하고 있으며 특히 보행자 사고를 줄이는 것이 목적이다. 이전까지의 개선사업 효과분석은 개선 전·후의 교통사고건수를 단순 비교 하였지만, 사고건수 단순비교의 경우 교통사고의 평균으로 회귀하는 경향, 교통량, 시간적 추세 등을 고려하지 못하기 때문에 효과가 과대 추정될 가능성이 높다는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 본 연구에서는 경험적 베이즈 기법을 활용하여 교통사고 감소효과를 보다 정확하게 분석하였으며, 총 교통사고건수 대비 특정 유형의 사고건수 비율 변화에 대한 유의성을 윌콕슨 부호 순위 검정을 통해 검정하였다. 그 결과, 전체 사고유형은 28.98%, 치명적인 사고(중상사고와 사망사고의 합)는 50.52%, 사망사고는 66.89%의 감소효과가 있다는 것을 알 수 있었으며, 특정 유형의 사고건수가 차지하는 비율변화의 경우 95% 신뢰구간에서 차대사람 사고 비율변화가 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 분석되어 향후 마을주민 보호구간을 설치할 때 차대사람 사고를 줄이기 위한 안전시설물들이 보다 적극적으로 설치될 필요성이 있는 것으로 분석되었다. 또한, 앞으로 지속적인 마을주민 보호구간의 개선사업의 대상지를 탐색하는 것뿐만 아니라 기존 설치 구간의 유지관리가 필요하다고 판단된다.

주요어: 경험적 베이즈 기법, 보행자 사고, 평균으로 회귀, 마을주민 보호구간, 윌콕슨 부호 순위 검정

서론

국내 자동차등록대수는 2023년 2월 기준 2,560만대를 돌파하여 인구 2명당 자동차를 1대씩 보유하는 시대가 왔다. 또한, 최근 10년간 전체 교통사고는 꾸준히 감소하면서 부상자수와 사망자수도 지속적으로 감소하였지만, Korea Road Traffic Authority(2022)의 OECD 회원국 교통사고 비교 보고서에 따르면 2020년 기준 인구 10만 명당 보행 중 사망자수는 2.1명이며 OECD 회원국 평균 0.8명에 비해 약 2.5배 많은 것으로 나타났다. 이것은 타 회원국에 비해 현저히 높아 보행자 안전에 대한 개선과 적극적인 대책마련이 필요하다는 것을 시사하고 있다.

2021년 기준 사망자 2,916명 중 1,907명이 국도(524명, 17.9%), 지방도(341명, 11.7%), 시·군도(1,042명, 35.7%)에서 발생하였으며 사고유형으로는 차대차 사고에서 810명(27.8%), 차량 단독사고에서 481명(16.5%), 차대사람 사고에서 616명(21.1%)이 발생하였다(Korea Road Traffic Authority, 2021). Chang et al.(2016)은 지방부의 국도, 지방도, 시·군도에서의 읍·면·동지역 통과구간은 마을의 존재를 사전에 인지하지 못하거나 고속주행으로 인해 교통약자(어린이, 고령자)등 마을주민들의 사고 위험성이 높다고 하였다.

한편, 국토교통부에서는 2015년부터 3년간 '마을주민 보호구간 개선사업'의 시범사업을 진행하였으며 1단계('19-'20) 사업을 완료하였고, 2단계('21-'23) 기본계획을 수립하였다. 2022년 2월에 「2022년 교통사고 사망자 감소대책」을 수립하여 보행자 최우선 교통안전 체계를 구축하였고, 국도·지방도의 농어촌 지역 등에 대해 제한속도를 조정하여 농어촌 지역 고령자 등의 보행안전 확보를 위해 계획하였다(Korea Transport Institute, 2022).

국토교통부의 마을주민 보호구간 효과분석 관련 보도자료를 살펴보면 기존 교통안전 개선사업과 동일하게 개선 전·후 몇 달간의 교통사고 건수의 증감을 단순 비교 분석하였다. 이런 단순 비교는 사업시행 전·후의 교통량, 시간적 추세, 교통사고의 평균으로 회귀하려는 성격(Regression To The Mean) 등을 고려하지 못하기 때문에 효과 추정치가 과대 추정되는 경향이 있다. 이에 본 연구에서는 마을주민 보호구간 적용 전·후의 몇 년간의 교통사고 자료를 기반으로 사고건수 단순비교의 문제점을 보완한 방법론을 활용해 분석하여 마을주민 보호구간 개선사업에 적용된 시설물과 개선기법이 교통사고 감소에 미치는 영향 및 효과를 제시하고자 한다.

문헌고찰

교통안전 개선사업에는 안전시설물 설치, 제한속도 하향, 기하구조 개선 등 여러 유형이 존재하며, 효과를 정량적으로 분석하는 연구들이 다수 수행되었다. 예시로 교통사고가 많이 발생한 기간에 선정한 개선지점의 효과분석을 수행한 기존 연구들은 대부분 개선 전·후 기간 동안 발생한 교통사고건수와 사망자수를 비교하였다. 하지만, 교통사

고가 잦은 시점 이후 일정시간이 지나면 자연스럽게 사고가 평균으로 회귀하는 경향을 가지고 있어 효과분석이 과대 추정이 될 수 있기에 많은 지적들이 있었다. 효과분석 방법론별 분석결과가 상이하므로 기존 방법론의 문제점을 보완하기 위해 본 연구의 분석 대상과 유사하거나 개선사업의 효과분석 방법론을 중심으로 기존문헌을 고찰하였다.

1. 마을주민 보호구간에 관한 연구

Chang et al.(2016)은 국내의 지방부 교통안전이 취약하다는 것을 제시하면서 마을주민 보호구간의 정의와 유래를 설명하였으며, 마을주민 보호구간에 설치된 안전시설물 설치와 더불어 운영방안을 설명하였고 시범사업에 선정된 구간에서 발생한 교통사고를 수집하였다. 개선 전·후 기간 동안 발생한 교통사고를 유형별로 수집하였고 효과성 분석을 단순사고건수 비교법을 통해 분석하여 28%의 사고감소 효과가 있다고 하였다. 또한, 도로교통공단의 "도로교통사고비용의 추계와 평가" 보고서를 인용하여 감소편익을 추정한 결과 본 개선사업으로 인해 보호구간 내에서 총 2억 8,166만원의 감소편익이 발생한 것을 알 수 있었지만, 교통사고 감소에 영향을 미치는 다양한 요소들의 복합적인 관계를 설명하기에 한계가 있다고 하였다.

Kim et al.(2019)은 전라북도의 지방도가 일반국도에 비해 높은 비율로 저규격도로로 구성되어 있다고 설명하였고, 마을주민 보호구간을 도로규격(차로수), 마을유형(시가지, 지방부), 기존 보호구역 중복 여부를 검토하여 유형을 총 8가지로 제시하였다. 교통사고·기하구조 분석과 현장조사 등 수행 및 관계자 의견 수렴과 AHP 분석을 통한 평가항목 중요도를 산출하여 개선사업 우선순위를 선정해 마을주민 보호구역의 도입방안을 정립하였다. 이에 대한 기대효과로 교통안전정책이 일반국도 위주로 추진되고 있는 상황에서 교통안전사각지대인 지방도를 개선할 수 있는 정책수립 및 사업추진을 할 수 있는 기반이 될 것으로 판단하였다.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2020)는 마을주민 보호구간 구축사업의 국내 확대 기반 마련을 위해 '마을주민 보호구간 설치 및 관리지침'을 고시하였으며, 2018년 시범사업(30개소) 결과 사고건수가 39%(188건→115건), 사망자수 94%(17명→1명)로 줄어들어 유의미한 사고감소 효과를 얻을 수 있는 사업이라고 설명하였다.

2. 개선사업 효과분석 방법론에 관한 연구

교통안전 개선효과 분석의 경우 단순비교법, 한쌍비교법, 비교그룹법, 경험적 베이즈 기법 등 다양한 분석방법론이 존재한다. 본 연구를 수행하기 전에 기존 교통안전 개선사업에 대한 효과분석 시 활용한 방법론, 분석과정, 방법론별 장·단점과 수집에 필요한 자료 등을 파악하고자 관련 평가기법에 대한 국내·외 선행연구를 검토하였다.

Ahn et al.(2015)는 다양한 사전·사후분석에 대한 이론 고찰 후 분석기간 동안의 외부변화요인과 교통사고변화의 일반적인 추세를 고려하여 분석의 오류를 방지할 수 있는 비교그룹 방법을 통해 국내 구간과속단속시스템 27개 설치구간 중 고속도로 6개 구간을 대상으로 사고 감소효과를 분석하였다. 분석 대상구간과 유사한 특성(도로유형, 도로선형, 구간길이)을 가진 비교구간을 찾아 비교그룹으로 선정하였으며 분석 결과 효율성 척도가 0.55, 교통사고 감소율은 41.28%로 사고감소효과가 높은 것으로 분석되었다. 일반적으로 지점과속단속시스템보다 구간과속단속시스템이 사고예방에 효과적이라고 인식되어있지만 정량적인 사고예방 효과에 대한 연구가 부족하여 추후 다양한 연구가 필요하다고 제언하였다.

Kim et al.(2014)은 교통안전 개선효과에 대한 사전·사후비교분석방법론 중 상대적으로 적용이 용이한 비교그룹 방법을 활용하여 추월차로형 오르막차로 구간의 안전성 향상 여부를 분석하였다. 추월차로형 오르막차로 구간의 안전성 향상 여부를 분석하기 위해 39개 구간에 대해 개선 전·후 3년간 교통사고 발생자료를 조사하였고, 분석대상구간과 상류부 500m 이격된 곳에 분석대상 구간과 동일한 연장의 비교대상구간을 선정하였다. 분석 결과, 효율성 척도가 1.30으로 1보다 크기 때문에 기존 오르막차로 방식보다 증가한 것으로 분석되었으며, 이는 추월차로형 오르막차로가 기존 형식의 오르막차로에 비해 교통사고 측면에서 위험할 수도 있는 것을 의미한다고 하였다. 2009년부터 고속도로 대부분의 오르막차로가 추월형 오르막차로로 변경되었지만 운전자들의 미적응으로 지속적인 홍보와 교육이 필요하다고 제안하였다.

Yoon et al.(2017)은 도로에 교통안전시설물을 설치함으로써 도로의 환경적인 요인에 대한 결함을 줄이는 대표적인 개선사업은 교통사고 잦은 곳 개선사업이라고 하였다. 교통안전 시설물들의 효과평가에 대한 연구를 수행하였고 공간적 범위는 2004년-2013년 교통사고 잦은 곳 개선사업지로 설정하였다. 교통안전시설물이 단독이 아닌 복수로 설치되어 교통사고 변화에 많은 요인이 존재하기에 비교그룹방법을 활용하여 5가지의 개별 시설물의 교통사고 감소 효과도를 전체사고와 특정사고유형별로 구분하여 사고감소 효과를 분석하였다. 분석그룹이 매우 제한적인 존재여서 모든 도로 안전시설물의 효과분석을 연구하지 못 하였기 때문에 더욱 객관적인 유사지점 확보를 위해 FGI 또는 Tree분석을 시도하여 비교그룹을 선정한다면 분석이 더욱 정확도가 높아질 것이라고 제안하였다.

Lee et al.(2008)은 어린이 보호구역의 교통사고 감소효과를 보호구역이 위치한 지역의 토지이용 특성별로 주거지역, 아파트지역, 주상복합지역으로 구분하여 분석을 수행하였다. 과거 어린이 보호구역의 효과 평가는 대부분 설문조사를 및 현장조사를 통한 정성적 평가만을 주를 이루었지만, 정확한 평가를 위해 사전·사후 분석인 비교그룹 방법을 통해 어린이 보호구역에서 발생하는 교통사고의 감소효과를 분석하였다. 하지만 단기간의 교통사고 자료를 이용하였다는 점이 한계지만 앞으로 어린이 보호구역의 효과분석의 지속성과 효과분석의 정밀화를 제언하였다.

Lee et al.(2011)은 교통사고가 도로기하구조, 교통환경, 운전자 요인 등 다양한 요인에 의해서 발생되고 있으며 한 가지 원인보다는 복합적인 원인에 의해 발생된다고 하였다. 따라서 교통안전시설의 효과를 단순한 개선효과로는 설명하기 어렵다고 하여 단순사고건수 비교법, 한쌍비교방법, 비교그룹 방법에 대한 원리, 장·단점을 설명하고 개선전·후 3년간의 사고이력자료를 수집하여 동일한 자료로 제시한 3가지 방법으로 효과분석을 수행하였다. 그 결과 복합적으로 설치된 시설물에 따른 교통안전 개선효과 방법론은 비교그룹 방법이 가장 합리적이고 효과적인 방법론이라고 제시하였다.

Park et al.(2012)는 전적색신호시간(All-Red) 운영에 따른 교통사고 감소효과를 비교그룹 방법으로 분석하였다. 비교그룹 방법의 이론 설명 후 2008년 전적색신호시간이 도입된 청주·청원 관내 64개 교차로 중 37개 교차로를 대상으로 수행하였으며, 비교대상 그룹은 분석대상 그룹을 제외한 나머지 교통사고 잦은 곳 중 208개 교차로를 선정하였다. 개선 전·후의 단순 비교를 하였을 때 사고건수 약 20.1%, 사상자 수 약 27.8%가 감소한 것으로 분석되었지만, 비교그룹 방법은 사고건수 20.0%, 사상자 수 28.0%가 감소한 것으로 보였다. 해당 연구는 전적색신호시간 운영에 따른 효과분석 연구가 이전까지 없어 이 연구의 실증분석은 의의가 있다고 하였다.

Patel et al.(2007)는 미네소타 2차로 도로의 길어깨 노면요철 포장설치의 효과성과 안전성을 평가하기 위해 경험적 베이즈 기법을 사용하였으며, 음이항 회귀모형추정 시 도출된 과분산매개변수를 사용하여 가중치를 도출하였다. 또한, 분석을 위한 참조그룹을 수집할 때 개선구간과 유사한 위치(주), 연평균일교통량, 차로수 및 갓길 폭을 기준으로 하여 분석을 하였다. 길어깨 노면요철은 차량 단독사고를 13% 줄이는 것으로 분석되었지만, 표본 수가 적어 신뢰수준 95%를 만족하지 못하였다고 하였다. 향후 더 많은 표본으로 여러 가지 사고 유형을 줄이는 개선사업에 대한 효과분석이 수행되어야 한다고 하였다.

Sim et al.(2012)은 교통사고의 직·간접적인 원인 중 과속이 존재하며, 높은 수준의 기하구조를 가지고 있는 고속도로의 경우 과속에 의한 사고가능성이 높다고 설명하였다. 국내·외에서는 과속을 줄이기 위해 무인과속단속카메라를 도입하였으며 시설물에 대한 효과분석은 사전·사후분석이 주로 사용된다고 하였다. 단순 사전·사후 분석은 평균으로 회귀 편의(Regression to the mean bias)와 분석기간 중 해당 지점의 여건변화 등을 고려하지 못하는 한계가 존재하여, 이를 보완한 방법론인 경험적 베이즈 기법을 활용하여 참조집단의 안전성능함수(SPF, Safety Performance Function)와 관측사고건수의 가중 평균을 통해 산정하여 효과를 추정하였다.

3. 문헌고찰 결과

마을주민 보호구간과 효과분석 방법론 관련 문헌 검토 결과 시범사업 기간 동안 발생한 교통사고 건수의 단순비교를 통해 효과를 분석하였으며, 교통사고 감소를 통해 사고비용 감소편익을 설명하였다. 또한, 국내 지역의 도로환

경에 맞게 개선 유형을 분류하여 마을주민 보호구간의 도입방안을 정립하였다. 교통안전 개선사업의 효과분석 방법론은 대부분 비교그룹 방법, 경험적 베이즈 기법을 활용하였으며 비교그룹 방법의 경우 수집된 그룹에 따라 효과분석 결과가 달라지는 문제점이 있다는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 기존 분석 방법들의 문제점을 보완할 수 있는 경험적 베이즈 기법을 통해 마을주민 보호구간의 사고감소 효과를 분석하고자 한다.

마을주민 보호구간 정의 및 유형

마을주민 보호구간(Village Zone)은 자동차가 통과하는 도로주변의 마을주민을 교통사고 위험으로부터 보호하기 위해 도로의 진행방향을 따라 설정한 특정보호구역으로 안내표지, 노면표시, 속도제한 표지 등을 설치하여 마을주민을 보호하는 구간을 의미하며 마을의 기점 전방 100m부터 종점 후방 100m까지 보호구간을 설정한다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2020). 마을주민 보호구간의 개념도는 Figure 1과 같다.

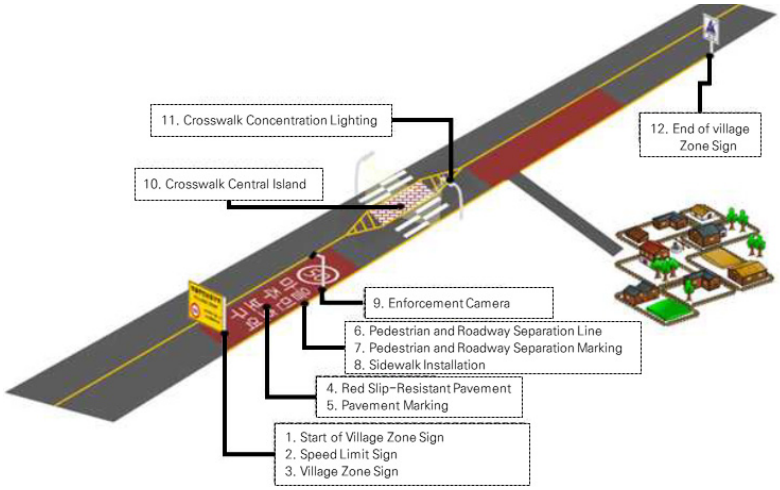

Figure 1. Conceptual diagram of Village Zone (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2020)

마을주민 보호구간 개선사업은 2015년에 전국 5개군의 국도 14개 구간에 시범적으로 도입되어 보행자 교통사고 감축의 목표로 마을주민 보호구간이 설치되었다. 그 결과, 구간 내 사상자수(사망자수 및 부상자수)가 42%(109명→63명) 감소하였고 사고건수도 37%(78건→49건) 감소하였다. 시범사업('15-'18)을 시작으로 마을주민 보호구간 1단계('19-'20) 기본계획을 수립하여 총 246개 구간 357.0km에 설치하였으며 마을주민 보호구간 2단계('21-'23) 기본계획을 수립하여 180곳을 개선할 계획에 있다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2021).

마을주민 보호구간의 개선사업 유형으로는 도로의 종류, 도로의 특성, 예산 등을 고려하여 A, B, C으로 구분하고 있다. A유형은 도로시설 개량형으로 구간 내에 각종 표지판 및 노면표시, 무인단속카메라로 운전자에게 주의를 상기시키고, 무단횡단 금지시설, 보도설치, 회전교차로 설치 등 도로시설을 개량하는 유형이다. B유형은 보호구간 인지·단속장비형으로 A유형과 달리 도로시설은 개량하지 않고 가로형 표지판, 세로형 표지판, 노면표시, 적색 미끄럼방지포장, 해제표지와 무인단속카메라를 설치한다. C유형은 보호구간 인지형으로 다른 유형들과 달리 가로형 표지판, 세로형 표지판, 노면표시, 적색 미끄럼방지포장, 해제표지 등을 중심으로 운전자에게 보호구간에 진입하였음을 인지시켜주는 것을 목표로 한다. 표지판 설치만으로 보호구간의 인지를 하는 것이기에 마을 내 교통사고를 감소시킬 필요가 있는 군도에 적용하는 것이 원칙이다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2020).

마을주민 보호구간 효과분석

본 연구에서는 기존의 단순비교 및 비교그룹 방법의 문제점을 보완한 분석방법을 활용하여 보호구간의 사고감소 효과분석과 총 교통사고건수 대비 특정유형의 사고건수 비율 변화를 분석하였다.

1. 분석 방법론

1) 경험적 베이즈 기법(Empirical Bayes Method)

도로구간 또는 교차로가 특정 기간 동안 상대적으로 높은 사고건수를 나타낼 때, 교통사고건수 감소를 위한 개선기법을 적용하지 않더라도 이후 기간에는 감소할 가능성이 높다. 이런 현상을 평균으로의 회귀(Regression to the mean) 현상이라고 한다(Griffin, 1997). 사고건수가 비교적 많은 지점 혹은 구간에 개선사업을 수행할 경우 평균으로 회귀하려는 현상에 의해 발생하는 사고건수의 자연감소가 그 개선사업의 효과로 오인될 수 있어 과대 추정될 가능성이 있다(Hauer, 1997). 따라서 평균으로의 회귀현상은 사전·사후 평가의 타당성에 있어 주요한 위협 요인이 된다. 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 보완한 방법론으로 알려진 경험적 베이즈 기법(EB Method)을 활용하여 효과분석을 수행하였다.

EB Method에서는 개선기법이 적용되지 않았더라면 사후기간 동안에 발생하리라고 예상되는 기대 사고건수($N_{\text{expected},A}$)를 SPF(Safety Performance Function)를 사용하여 추정하고, 추정된 값과 사후 기간 동안에 실제 발생된 사고건수($N_{observed,A}$)와 비교하여 해당 개선기법의 안전효과성 지표(θ)를 산출하게 된다(Harwood, 2003). 개선기법이 적용된 구간과 도로, 교통, 환경이 유사한 개선기법이 적용되지 않은 참조그룹(Reference Group)을 수집 및 활용하여 과분산 파라미터와 음이항 회귀모형을 이용한 SPF 모형을 추정한다.

사전기간 동안 매 연도에 대해 SPF, 연간보정계수, 교통량 및 사이트 속성치 자료를 이용하여 개선기법이 적용된 사이트의 사전기간 동안의 예측 사고건수($N_{predicted,B}$)를 추정한 후 이 기간 동안 실제 발생한 사고건수($N_{observed,B}$)의 가중평균으로 계산하여 사전기간 동안의 기대사고건수($N_{\text{expected},B}$)를 추정한다. 또한, 사후기간 동안 매 연도에 대해 SPF, 연간보정계수, 교통량 및 사이트 속성치 자료를 이용하여 개선기법이 적용된 사이트의 사후기간 동안의 예측 사고건수($N_{prediced,A}$)를 추정한다. 각 사이트에 대해 개선기법이 적용되지 않았더라면 사후기간 동안 예상되는 기대 사고건수($N_{\text{expected},A}$)를 추정하고 추정된 $N_{\text{expected},A}$의 분산을 구한다. 개별 사이트에 대해, 사후기간 동안 실제로 발생한 사고건수($N_{observed,A}$)와 $N_{\text{expected},A}$, $Var(N_{\text{expected},A})$을 이용하여 개선기법의 안전효과성 지표 $\hat{\theta}$ 또는 CMF(Crash Modification Factor)와 $\hat{\theta}$의 표준오차를 추정한다.

추정된 $\hat{\theta}$가 1.0보다 작으면 개선기법의 효과가 있는 것으로 판단하며, $\hat{\theta}$과 표준오차를 이용하여 개선기법의 안전효과성이 특정 유의수준에 대해 1.0과 통계적으로 다른지 여부를 검정할 수 있다.

$$N_{\text{expected},B} = w \times N_{predicted,B} + (1-w) N_{observed,B} \tag{1}$$

$$w = \frac{1}{1 + k \times N_{predicted,B}} \tag{2}$$

$$N_{\text{expected},A} = N_{\text{expected},B} \times \left(\frac{N_{predicted,A}}{N_{predicted,B}} \right) \tag{3}$$

$$Var(N_{\text{expected},A}) = \pi \times \left(\frac{N_{predicted,A}}{N_{predicted,B}} \right) \times (1-w) \tag{4}$$

$$\hat{\theta}=\frac{\sum N_{observed,A}/\sum N_{\text{expected},A}}{1+Var(\sum N_{\text{expected},A})/\left(\sum N_{\text{expected},A}\right)^2} \tag{5}$$

$$se(\hat{\theta})=\sqrt{Var(\hat{\theta})}=\sqrt{\frac{\hat{\theta}^2\left[1/\sum N_{observed,A}+Var(\sum N_{\text{expected},A})/\left(\sum N_{\text{expected},A}\right)^2\right]^2}{\left[1+Var(\sum N_{\text{expected},A})/\left(\sum N_{\text{expected},A}\right)^2\right]^2}} \tag{6}$$

여기서, $N_{\text{expected},B}$: 개선기법 미적용시 사전기간 동안의 기대사고건수

$N_{predicted,B}$: 개선구간의 사전기간의 예측사고건수

$N_{observed,B}$: 개선구간의 사전기간 동안 관측된 교통사고건수

$N_{\text{expected},A}$: 개선기법 미적용시 사후기간 동안의 기대사고건수

$N_{observed,A}$: 개선기법 적용 후 사후기간 동안 관측된 교통사고건수

ω : 가중치

k : 음이항분포의 과분산파라미터

2) 윌콕슨 부호 순위 검정(Wilcoxon Signed Rank Test)

마을주민 보호구간 개선사업은 도로안전 시설물을 통해 자동차의 통행속도를 감소시킴으로써 교통사고를 줄이고, 특히 차대사람 사고(보행자 사고)를 줄이고자 하는데 목적이 크다. 일반적으로 이런 사고유형별 비율변화에 대한 통계적 유의성 평가는 윌콕슨 부호 순위 검정 방법을 활용할 수 있다(AASHTO, 2010). 윌콕슨 부호 순위 검정 방법은 사전·사후기간의 비율 변화가 0이 아닌 개선구간만 사용하기에 비율 변화의 평균값이 아닌 중앙값으로 추정하여 비율의 극단적인 변화에 영향을 덜 받는다는 장점이 있다.

각 개선구간의 총 교통사고건수 대비 사고유형별로 차지하는 비율(P_i)을 사전·사후기간 각각 구하고 이에 대한 차($P_{i,diff}$)를 계산하여 전체 구간(n개)에 대해 비율 차의 평균값을 구한다. 두 표본(사전, 사후)의 모집단이 동일하다는 귀무가설을 설정하여 사전·사후기간의 비율 차의 절대값을 취하여 오름차순으로 정렬한 후 순위를 매긴다. 비율차가 양수인 순위의 합($\sum(+)$)과 음수인 순위의 합($\sum(-)$) 중 작은 값을 채택하여 T로 두며, 이때 표본의 크기가 증가함에 따라 T-통계량의 분포는 정규분포에 근사한다. T의 평균과 분산을 구하고 정규분포 근사를 활용해 Z-통계량을 계산하여 귀무가설의 기각 또는 채택을 결정한다.

$$P_{i,B\text{or}A}=\frac{N_{\text{특정유형사고},B\text{or}A}}{N_{\text{총사고},B\text{or}A}},\ i=1,\cdots,n \text{ (B: 사전기간, A: 사후기간)}$$

$$P_{i,diff}=P_{i,B}-P_{i,A} \tag{7}$$

$$AvgP_{diff}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}P_{i,diff} \tag{8}$$

$$Z_i=abs(P_{i,diff}),\ i=1,\ \cdots,n^* \tag{9}$$

(여기서, n^*: 사후기간 동안 총 사고건수가 0인 구간과 사전·사후 비율이 동일한 구간을 제외한 개수)

$$T=MIN\left[\sum(+),\ \sum(-)\right] \tag{10}$$

$$E(T) = \frac{n^*(n^*+1)}{4} \tag{11}$$

$$Var(T) = \frac{n^*(n^*+1)(2n^*+1) - \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{g} t_j(t_j-1)(t_j+1)}{24} \tag{12}$$

$$Z = \frac{T - E(T)}{\sqrt{Var(T)}} \tag{13}$$

2. 자료수집

1) 분석구간 파악

2017년, 2018년에 계획 및 설계된 마을주민 보호구간 중 56개 구간을 대상으로 현황을 파악하였으며, 조사 항목으로는 시·종점, 연장, 개선유형, 교통사고건수, 시설물 등을 파악하였다.

보호구간의 시·종점은 각 지방국토관리청 국토관리사무소에서 제공된 마을주민 보호구간 관리현황카드와 구간 도면으로 파악하였으며, 교통사고와 연평균일교통량(AADT)의 범위는 2014년-2021년으로 개선 전·후 3년으로 설정하였다. 교통사고 자료는 교통사고분석시스템(TAAS)의 GIS분석 기능을 활용하여 보호구간의 시·종점을 기준으로 구간 내에서 발생한 교통사고로 수집하였으며 경찰 DB의 인적피해 사고이다. 또한, 교통사고는 사고심각도와 사고유형별로 구분하였으며, 사고심각도는 치명적인 사고(중상사고와 사망사고의 합)와 사망사고, 사고유형은 차대차 사고, 차량 단독사고, 차대사람 사고이다. 수집된 자료는 Table 1, Table 2에 요약되어 있다. 개선유형은 「마을주민 보호구간 설치 및 관리 지침」에서 언급된 안전시설물과 구간의 환경에 따라 설치된 부가적인 시설물을 포함하여 관리현황카드와 구간 도면을 통해 수집한 것을 바탕으로 개선사업을 통해 설치된 시설물 설치 종류에 따라 구분하였다.

Table 1. Variables related to traffic and roadway geometric characteristics

Variable	Mean	S.D.	Min.	Max.
AADT (veh/day) in before period	12394.099	10076.455	1202	37287
AADT (veh/day) in after period	14041.586	10764.098	1134	40538
Length (km)	1.555	0.721	0.450	3.500
Maximum speed limit (kmph)	56.250	11.047	30	70

Table 2. Descriptive statistics of treated segments

Variable		Crash frequency in before period				Crash frequency in after period			
		Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.
Severity	Number of total crash	23.929	22.426	1	97	16.571	16.485	0	70
	Number of serious and fatal crash	10.768	10.340	0	45	5.036	4.748	0	18
	Number of fatal crash	1.536	1.56	0	6	0.304	0.658	0	3
Crash type	Number of vehicle to vehicle crash	19.857	19.663	1	91	14.554	14.930	0	66
	Number of single vehicle crash	1.732	2.203	0	10	0.750	1.083	0	4
	Number of vehicle to pedestrian crash	2.339	2.699	0	14	1.268	2004	0	8

마을주민 보호구간을 서울지방국토관리청, 원주지방국토관리청, 대전지방국토관리청, 익산지방국토관리청, 부산지방국토관리청으로 구분하여 56개 마을주민 보호구간의 현황을 살펴보았으며 시설물 설치에 따른 개선 유형은 A유형 25개, B유형 27개, C유형 4개 구간으로 구분되었다. 교통사고를 개선 전·후에 대해 단순 사고건수로 비교하

였을 때 총 교통사고건수는 30.75%(1,340건→928건)이였으며 사고심각도 측면에서 치명적인 사고는 건수는 53.23%(603건→282건), 사망사고건수는 80.23%(86건→17건)가 감소하였다. 사고유형별 측면에서는 차대차 사고건수가 26.70%(1112건→815건), 차량 단독사고가 69.39%(97건→42건), 차대사람 사고건수가 45.80%(131건→71건) 감소하였다. 또한, 총 교통사고건수 대비 특정유형의 사고건수가 차지하는 비율의 변화도 살펴보았을 때 사고심각도 측면에서 치명적인 사고비율은 14.61%p(45.00%→30.39%), 사망사고 비율은 4.59%p(6.42%→1.83%)가 감소하였으며 사고유형별 측면에서 차량 단독사고 비율은 2.71%p(7.24%→4.53%), 차대사람 사고 비율은 2.13%p(9.78%→7.65%)가 감소하였지만, 차대차 사고비율은 오히려 4.83p%(82.99%→87.82%)가 증가하였다(Figure 2).

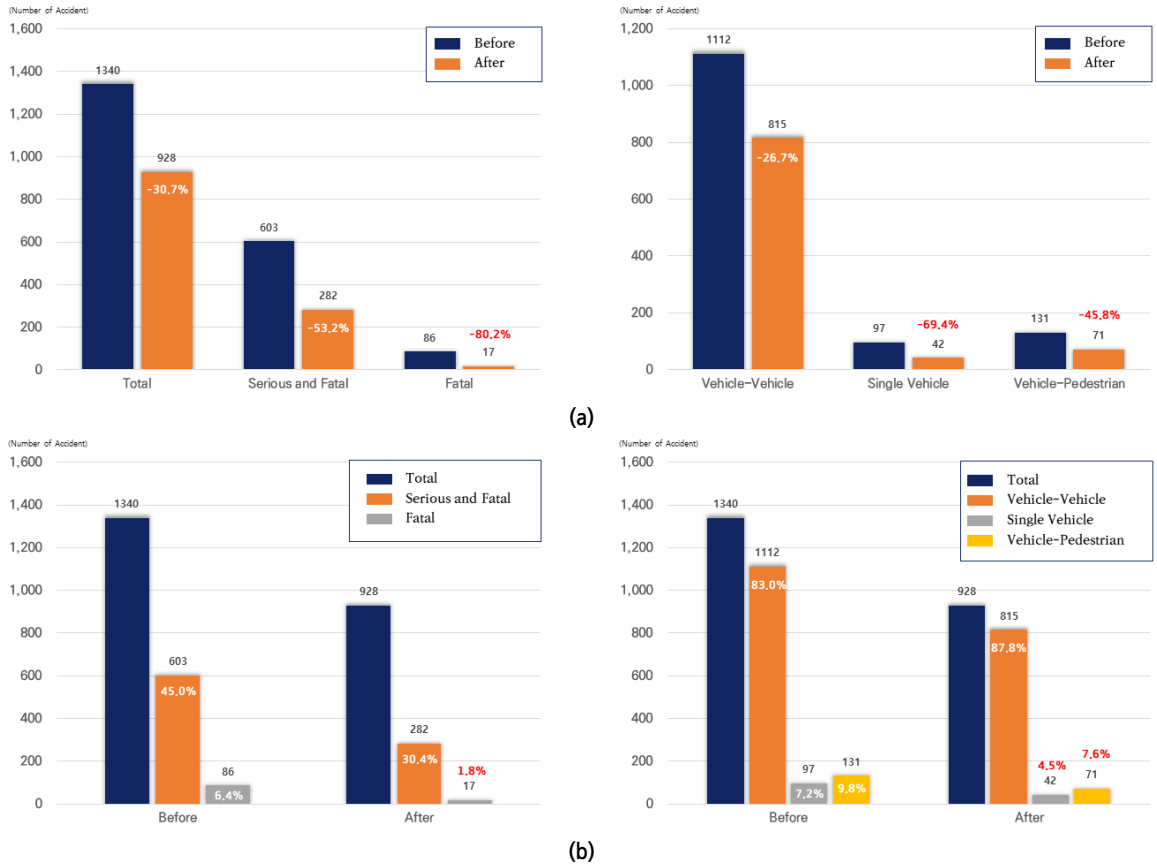

Figure 2. (a) Reduction rate of crash severity and types between before and after the event, (b) Changes in the distribution of crash severity and types before and after the event

2) 참조그룹 수집

경험적 베이즈 기법을 활용하기 위해 참조그룹(Reference Group)을 선정하여야 한다. 참조그룹은 분석기간 중 도로안전 개선사업, 기하학적 설계(교차로, 곡선반경 등), 교통통제(신호·비신호)의 변경이 이루어지지 않은 곳으로 설정하여야 한다(Hauer, 1997). 따라서 본 연구의 참조그룹은 분석 대상지와 유사한 환경을 가진 지역으로 수집하였으며 충족 조건은 다음과 같다.

- 도로안전 개선사업(마을주민 보호구간, 어린이 보호구간 등) 미적용
- 개선구간과 유사한 지역유형(도시, 지방), 토지이용특성

◦ 개선구간과 유사한 도로선형, 교통통제, 도로환경(교차로 형태, 차로 수 등)
◦ 개선구간과 유사한 교통사고와 연평균일교통량 추세

참조그룹의 공간적 범위는 국내 전 지역이고 기·종점은 도로의 시설물(교량, 교차로 등)을 기준으로 설정하여 연장을 수집하였다. 또한, 마을주민 보호구간에서 수집한 방법과 시간적 범위를 기준으로 연평균일교통량을 수집하였으며, 교통사고는 참조그룹의 구간 내에서 발생한 사고를 사고심각도별, 사고유형별로 구분하여 수집하였다.

3. 분석 결과

1) 사고건수 측면의 효과분석

경험적 베이즈 기법을 활용하기 위해 참조그룹의 교통량, 구간길이, 교통사고의 자료를 이용하여 SPF 모형을 구축하였다. 모형 구축 시 음이항(Negative Binomial) 회귀모형을 활용하였으며 모형 개발 시 중요한 사항 중 하나는 교통사고건수와 교통사고건수에 영향이 미치는 독립변수를 연결하는 함수의 형태를 선택하는 것이다. 교통량의 경우에는 밑을 교통량으로 하고 지수형태의 거듭제곱을 사용하는 형태가 많이 활용된다. 구간길이의 경우 매개변수로 취급하여 구간길이에 대한 파라미터를 직접 추정할 수도 있지만, 노출변수로 취급하여 파라미터를 추정하지 않는 방법도 있다. 이런 변수를 옵셋(Offset)이라고 부르고 노출 기간과 길이가 다를 때 보통 이용된다(Lord et al., 2005).

고려해야 할 또 다른 중요한 요소는 음이항 회귀모형에서 과분산 매개변수를 처리하는 방식이다. 일반적으로 과분산 파라미터는 고정된 것으로 가정되지만, Hauer(2001), Lord et al.(2005), Heydecker et al.(2001)는 잠재적으로 독립변수에 의존할 수 있음을 보여주었다. 이에 본 연구에서는 자료에서 발견되는 분산량은 구간길이에 따라 달라진다고 본 Hauer(2001)가 제안한 형태를 채택하였다. 그리고 본 연구의 목적이 사고요인 분석 보다는 마을주민 보호구간의 사고감소 효과분석에 있기 때문에 비교적 간단한 교통량과 구간길이만을 이용해 SPF 모형을 구축하였다.

$$\begin{aligned}\mu_i &= t_i \times L_i \times (AADT_i)^{\beta_1} \times \exp\left(\beta_0 + \sum_{j=2}^{k} \beta_j x_j\right) \\ &= (t_i \times L_i) \cdot \exp\left(\beta_0 + \beta_1 \log(AADT_i) + \sum_{j=2}^{k} \beta_j x_j\right)\end{aligned} \tag{14}$$

$$k_i = \frac{\gamma}{L_i} \tag{15}$$

여기서, μ_i : 구간 i의 t_i기간 동안에 예측되는 사고건수
t_i : 모형구축에 사용된 기간
$AADT_i$: 구간 i의 연평균일교통량(t_i기간 동안의 평균값 사용)
L_i : 구간 i의 길이
k_i : 구간 i의 과분산 파라미터
x_j : 기타 일련의 독립변수(본 연구에서는 교통량과 구간길이를 제외한 다른 변수는 고려하지 않음, 즉 $x_j = 0$)
$\beta_0, \beta_1, \cdots, \beta_k, \gamma$: 추정해야할 파라미터

그런 다음 경험적 베이즈 기법을 통해 마을주민 보호구간 운영에 따른 안전효과성 지표($\hat{\theta}$)를 추정하였으며 총 교통사고건수(인적피해), 치명적인 사고(중상사고와 사망사고의 합)건수, 사망사고건수에 대해 분석하였다. SPF 모형의 추정된 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. Results of SPF model estimation

Classification		Total crash	Serious and Fatal crash	Fatal crash
Model equation		$\mu_i = \exp(\beta_0 + \log(t_i L_i) + \beta_1 \log(AADT_i))$, $k_i = \gamma / L_i$		
Estimated coefficients	β_0	−1.5059 (1.1850)	−1.8467 (1.1823)	−4.0845* (1.7460)
	β_1	0.2963* (0.0139)	0.2467* (0.0135)	0.2488* (0.0187)
	γ	1.435	1.223	0.835
$-2LL$		392.6	309.5	120.5
AIC		398.6	315.5	126.5
BIC		404.4	321.4	132.4

note : 1) The numerical value in the ( ) indicates the standard error
2) The * symbol indicates statistical significance at the significance level of 0.05

Table 4에 나타난 총 교통사고건수(인적피해) 측면의 사고감소 효과를 살펴보면 개선사업 시행으로 일부 구간에서는 사고가 증가하는 구간도 발생하였지만, 전체 분석대상 구간에 대해서는 안전효과성 지표 $\hat{\theta}$가 0.71로 추정되었다. 이는 마을주민 보호구간 사업의 사고감소 효과가 29%임을 의미한다. 추정된 안전효과성 지표 $\hat{\theta}$(0.71)와 $\hat{\theta}$의 표준오차(0.031)를 이용하여 θ의 95% 신뢰구간을 구하면 (0.648, 0.771)이다. 즉, 신뢰구간이 1.0을 포함하고 있지 않기 때문에 $\hat{\theta}$=0.71은 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의미하다고 할 수 있어 사고감소 효과가 유의미하다고 분석되었다.

Table 4. The effectiveness of total crash

Site No.	Observed crash frequency		Estimated crash frequency in before period		Expected crash frequency in after period without improvement	Estimation of the safety effectiveness	
	Before	After	Crash frequency estimated from SPF	Expected crash frequency		Safety effectiveness($\hat{\theta}$)	Crash reduction rate(%)
1	15	5	7.6	14.3	14.4	0.35	65
2	31	33	32.7	31.1	31.2	1.06	−6
3	16	8	22.5	16.4	16.5	0.49	51
4	16	9	8.7	15.2	14.9	0.60	40
5	8	4	8.2	5.4	5.3	0.76	24
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Total	1340	869	843.5	1189.1	1223.5	0.71	29

치명적인 사고건수 측면은 개선사업 시행 후 일부 구간에서 사고건수가 증가하는 구간도 발생하였지만, 전체 분석대상 구간에 대해서는 안전효과성 지표 $\hat{\theta}$가 0.49로 추정되었다(Table 5). 이는 마을주민 보호구간 사업의 사고감소 효과가 51%임을 의미한다. 총 교통사고건수와 비교하였을 때 마을주민 보호구간 사업이 중상사고 이상의 사고감소에 더 효과적이었음을 알 수 있다. 추정된 안전효과성 지표 $\hat{\theta}$(0.49)와 $\hat{\theta}$의 표준오차(0.037)를 이용하여 θ의 95% 신뢰구간을 구하면 (0.422, 0.566)이다. 즉, 신뢰구간이 1.0을 포함하고 있지 않기 때문에 $\hat{\theta}$=0.49은 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의미하다고 할 수 있어 사고감소 효과가 유의미하다고 분석되었다.

Table 5. The effectiveness of serious and fatal crash

Site No.	Observed crash frequency		Estimated crash frequency in before period		Expected crash frequency in after period without improvement	Estimation of the safety effectiveness	
	Before	After	Crash frequency estimated from SPF	Expected crash frequency		Safety effectiveness($\hat{\theta}$)	Crash reduction rate(%)
1	5	2	3.7	4.7	4.8	0.42	58
2	22	18	14.7	20.9	21.0	0.86	14
3	8	3	10.1	8.3	8.4	0.36	64
4	11	5	4.4	9.5	9.3	0.54	46
5	5	1	4.1	4.8	4.7	0.21	79
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Total	603	258	376.3	513.5	521.4	0.49	51

사망사고건수 측면은 개선사업 시행으로 일부 구간에서는 사고건수가 증가하는 구간도 발생하였지만, 많지는 않았고 전체 분석대상 구간에 대해서는 안전효과성 지표 $\hat{\theta}$가 0.33로 추정되었다(Table 6). 이는 마을주민 보호구간 사업의 사고감소 효과가 67%임을 의미한다. 전체 사고유형과 치명적인 사고를 비교하였을 때 마을주민 보호구간 사업은 사망사고건수 감소에 확실한 효과가 있었다. 추정된 안전효과성 지표 $\hat{\theta}$(0.33)와 $\hat{\theta}$의 표준오차(0.083)를 이용하여 θ의 95% 신뢰구간을 구하면 (0.166, 0.492)이다. 즉, 신뢰구간이 1.0을 포함하고 있지 않기 때문에 $\hat{\theta}$=0.33은 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의미하다고 할 수 있어 사고감소 효과가 유의미하다고 분석되었다.

Table 6. The effectiveness of fatal crash

Site No.	Observed crash frequency		Estimated crash frequency in before period		Expected crash frequency in after period without improvement	Estimation of the safety effectiveness	
	Before	After	Crash frequency estimated from SPF	Expected crash frequency		Safety effectiveness($\hat{\theta}$)	Crash reduction rate(%)
1	0	0	0.4	0.3	0.3	0.00	100
2	1	3	1.6	1.4	1.4	2.10	−110
3	1	0	1.1	1.1	1.1	0.00	100
4	2	0	0.5	0.8	0.8	0.00	100
5	2	0	0.4	0.7	0.7	0.00	100
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Total	86	17	41.0	50.8	51.3	0.33	67

2) 특정사고 유형별 비율 변화 측면의 유의성 검정

마을주민 보호구간은 차대사람 사고(보행자 사고)를 줄이고자 하는데 목적이 크다. 따라서 차대사람 사고의 사전·사후 비율변화를 포함하여 치명적인 사고건수의 비율 변화, 사망사고건수의 비율 변화의 통계적 유의성을 윌콕슨 부호 순위 검정을 통해 분석하였다.

Table 7에 제시된 검정 결과를 보면 치명적인 사고의 비율 변화는 유효표본 50개에 대해 추정된 효과가 −0.112(즉, 11.2%p 감소)로 나타났고 감소폭은 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의하였다. 사망사고 비율 변화의 경우 유효표본 38개에 대해 추정된 효과가 −0.080(즉, 8.0%p 감소)로 나타났고, 이 감소폭 또한 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의하였다.

Table 7. Statistical significance test results of changes in the proportions of crash types

Classification	Serious and Fatal crash(total)	Fatal crash(total)	Vehicle to pedestrian crash
Total number of site (n)	56	56	56
Simple average ratio in before period	0.450	0.064	0.098
Simple average ratio in after period	0.304	0.018	0.077
Simple difference in the before-after ratio	−0.146	−0.046	−0.021
n^*	50	38	43
Estimated effectiveness ($AvgP_{diff}$)	−0.112	−0.080	−0.036
T	303	110.5	324
$E(T)$	637.5	370.5	473
$Var(T)$	10730.8	4754.0	6858.5
Z	−3.229	−3.771	−1.799
$p-value$	0.0012	0.0002	0.0720
Statistical Significance (Significant 95%)	Significant	Significant	Not significant

note: 1) n^* represents the effective sample size, excluding sites where the total number of crashes in after period is 0 and sites with the same before-after ratio

하지만, 차대사람 사고 비율 변화의 경우 유효표본 43개에 대한 추정된 효과가 −0.036(즉, 3.6%p 감소)로 나타났지만, 이 감소폭은 95% 신뢰수준에서는 통계적으로 유의하지 않았다. 이것은 본 연구 분석에 사용된 자료만으로는 마을주민 보호구간 사업 실시가 보행자 사고의 비율을 낮추는데 상당히 효과적이었다고 결론을 짓기에는 한계가 있음을 의미한다.

결론 및 향후 연구과제

본 연구는 2017년, 2018년에 시행된 마을주민 보호구간 중 56개 구간을 대상으로 교통사고 감소 효과분석을 개선기법 적용 전·후의 몇 년간의 사고자료를 통해 분석하였다. 마을주민 보호구간 내의 개선사업 전·후 기간에 발생한 교통사고건수에 대해 단순 비교하였을 때 총 교통사고건수는 30.75%, 치명적인 사고(중상사고와 사망사고의 합)건수는 53.23%, 사망사고건수는 80.23%, 차대사람 사고건수는 45.80%가 감소하였다. 또한, 마을주민 보호구간 개선사업 전·후 기간에 발생한 특정유형의 사고건수가 차지하는 비율에 대한 변화를 살펴보면, 치명적인 사고는 14.61%p(45.00%→30.39%), 사망사고는 4.59%p(6.42%→1.83%), 차대사람 사고는 2.13%p(9.78%→7.65%)가 감소하였다.

하지만, 단순하게 교통사고건수만을 이용한 분석은 사업시행 전·후의 교통량, 시간적 추세, 평균으로의 회귀 현상 등을 고려하지 못하기에 분석 결과가 과대 추정될 가능성이 높아 본 연구에서는 이 같은 문제를 보완할 수 있는 경험적 베이즈 기법을 통해 개선사업의 효과분석을 실시하였다. 분석 결과, 전체 사고유형, 치명적인 사고, 사망사고 모두 사고감소 효과가 있는 것으로 나타났으며 사고감소율은 순서대로 약 28.98%, 50.52%, 66.89%로 나타났고, 이 감소율은 95% 신뢰수준에서 통계적으로 모두 유의하다고 분석되었다. 그러나 SPF 모형 구축에 있어 자료수집의 범위가 매우 한정적이기 때문에 변수의 개수가 적다는 한계점이 있다. 도로 환경 개선사업의 효과분석 수행을 위해 자료가 체계적으로 구축된다면 유효 변수를 추가적으로 확보하여 분석의 신뢰성이 높아질 것으로 판단된다.

본 연구에서는 개선 전·후 기간 동안의 특정사고유형의 비율 변화에 대한 통계적인 유의성을 윌콕슨(Wilcoxon) 부호 순위 검정 방법을 통해 분석하였다. 검정 결과, 치명적인 사고는 11.2%p 감소, 사망사고는 8.0%p 감소로 나타났고 이는 95% 신뢰수준에서 모두 통계적으로 유의하였다. 하지만, 차대사람 사고의 경우 유효표본에 대해 3.6%p 감소하였다고 추정되었지만 이는 95% 신뢰수준에서는 통계적으로 유의하지 않았다. 이것은 마을주민 보호구간이 차대사람 사고를 줄이는데 효과가 없었다는 의미가 아니라 본 연구에서 사용된 한정된 자료만을 통해서는 이를 입증하기가 힘들다는 것을 의미한다. 따라서 향후 좀 더 많은 적용 구간을 확보하여 분석할 경우 보다 긍정적인 효과를 기대할 수도 있을 것이다. 중요한 것은 향후 마을주민 보호구간 개선사업을 계획할 때 무인 과속단속카메라 설치 등을 통한 차량 통행속도 감소도 중요하지만 보행자 안전을 위한 시설물 설치를 통해 차대사람 사고(보행자 사고)의 비율을 낮추는데 적극적인 개선이 필요하다는 것을 알 수 있다. 또한 보호구간 설정 시 중요하게 고려해야할 점은 운전자들에게 보호구간 시·종점에서 표지판으로만 정보를 주는 것이 아닌 구간 내에서도 도로 유색포장, 노면표시, 안전표지 등을 활용하여 지속적인 정보를 제공함으로써 운전자들에게 확실하게 인식시켜 통행속도 감소를 유도할 필요가 있다.

향후 마을주민 보호구간의 데이터 보완이 이루어지면 차대차, 차대사람, 차량 단독사고 등 사고유형별 사고감소 효과분석도 가능할 것이며, 개선사업 유형별 사고감소 효과를 분석한다면 도로시설 특성의 차이가 사고 감소에 어떠한 영향이 있는지 알아볼 수 있는 좋은 연구가 될 것으로 기대된다. 또한, 마을주민 보호구간에서 마을의 정의와 범위를 명확하게 해야 한다고 사료된다. 일정 범위에 분포하는 세대수와 마을의 면적 등 정량적인 기준과 범위에 대한 명확한 기준의 부재로 인해 마을주민 보호구간(2017년, 2018년)은 각 구간의 시·종점이 상이하여 일관성이 떨어진다는 한계점이 존재한다.

지속적인 마을주민 보호구간 설치를 위한 장소 탐색 및 설계하는 것과 동시에 기존에 설치된 마을주민 보호구간의 효과분석 및 유지관리를 통해 개선사업을 더욱 활성화하여 국도변 보행자 사고를 줄여나갈 필요가 있다.

Funding

This work was supported by Korea Transport Institute grant funded(Analysis of Safety Effectiveness of Measures Applied in Village Zones).

알림

본 논문은 대한교통학회 제88회 학술대회(2022.04.22)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성하였습니다.

ORCID

MAENG, Giyoung http://orcid.org/0009-0005-8045-783X
LEE, Dongyoun http://orcid.org/0009-0000-4740-5599
PARK, Byung-Jung http://orcid.org/0009-0001-6781-8769
PARK, Ho-Chul http://orcid.org/0000-0002-1628-9553

REFERENCES

Ahn H. R., Chang L. H. (2015), Traffic Accident Reduction Effects Analysis of The Point to Point Speed Enforcement System Using a Comparison-Group Method, The 73th Conference of KST, Korean Society of Transportation, 151-155.

American Association of State Highway and Transportation Officials (2010), Highway Safety Manual, 1st Edition.

Chang D. Y., Sul J. H., Lim H. K., Eom K. J. (2016), Traffic Accident Reduction Effects of Village Zone, The 74th Conference of KST, Korean Society of Transportation, 117-120.

Griffin L. I., Flowers R. J. (1997), A Discussion of Six Procedures for Evaluating Highway Safety Projects, The Division.

Harwood D. W., Bauer K. M., Potts I. B., Torbic D. J., Richard K. P., Kohlman Rabbani E. R. et al. (2003), Safety Effectiveness of Intersection Left- and Right-Turn Lanes, Transportation Research Record, 1840(1), 131-139.

Hauer E. (1997), Observational Before-After Studies in Road Safety, Pergamon, Elsevier Science Ltd.

Hauer E. (2001), Overdispersion in Modeling Accidents on Road Sections and in Empirical Bayes Estimation, Accident Analysis and Prevention, 33(6), 799-808.

Heydecker B. G., Wu J. (2001), Identification of Sites for Road Accident Remedial Work by Bayesian Statistical Methods: An Example of Uncertain Inference, Advances in Engineering Software, 32, 859-869.

Kim B. S., Kim S. G., Yun I. S., Oh Y. T., Hong D. P., Lee K. H. (2014), A Study on the Safety of Passing-type Climbing Lanes in Expressways using C-G Method, International JOURNAL of HIGHWAY Engineering, 16(1), 99-109.

Kim S. Y. (2019), Introduction Plan for Village Zones as a Provincial Road in Jeollabuk-do, Jeonbuk Institute.

Korea Road Traffic Authority (2021), Analysis of Traffic Accident Statistics.

Korea Road Traffic Authority (2022), Road Traffic Accidents in OECD Countries.

Korea Transport Institute (2022), 2022 National Traffic Safety Policy Support Project, Part1, 127-174.

Lee D. M., Kim D. H., Song G. S. (2011), Analysis of Effects from Traffic Safety Improvement on Roadways using C-G Method, J. Korean Soc. Transp., 29(3), Korean Society of Transportation, 31-40.

Lee S. B., Jeong D. Y., Kim D. G. (2008), The Effects of a School Zone Improvement Project on Crash Reduction Regarding Land Use Characteristics, J. Korean Soc. Transp., 26(3), Korean Society of Transportation, 109-117.

Lord, D., Manar A., Vizioli A. (2005), Modeling Crash-Flow-Density and Crash-Flow-V/C Ratio for Rural and Urban Freeway Segments, Accident Analysis and Prevention, 37(1), 185-199.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2020), Guidelines for Installation and Management of Village Zone.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2021), We Will Ensure the Safety of Residents with Village Zone along the Rural Road, Press Release.

Park B. H., Jung Y. I., Kim, K. H. (2012), Traffic Accident Reduction Effects of the All-Red Clearance Interval (ARCI) Operation, J. Korean Soc. Transp., 30(2), Korean Society of Transportation, 21-27.

Patel R. B., Council F. M., Griffith M. S. (2007), Estimating Safety Benefits of Shoulder Rumble Strips on Two-Lane Rural Highways in Minnesota, Transportation research record. 2019(1), 205-211.

Sim D. Y., Kim D. G., Park S. H., Go S. Y. (2012), Effect Analysis on Crash Reduction of Speed Camera Enforcement Using an Empirical Bayes Method, The 66th Conference of KST, Korean Society of Transportation, 253-258.

Yoon Y. I., Lee S. B., Lim J. B., Park K. S., Moon J. S. (2017), Estimating Traffic Accident Reduction Effect of Road Safety Facilities in Intersections, J. Korean Soc. Transp., 35(2), Korean Society of Transportation, 129-142.