

비교그룹방법을 이용한 무인구간속도위반단속시스템 설치 효과 분석

Study of the Effect of the Point-to-Point Speed Enforcement System Using a Comparison-Group Method

윤 일 수 Yun, Ilsoo
 박 성 호 Park, Sung Ho
 오 봉 식 Oh, Bong Sik
 오 영 태 Oh, Young-Tae

정회원 · 아주대학교 환경건설교통공학부 조교수 (E-mail : ilsooyun@ajou.ac.kr)
 아주대학교 건설교통공학과 석사과정 (E-mail : fenix3339@ajou.ac.kr)
 아주대학교 건설교통공학과 박사과정 (E-mail : bonjour2001@naver.com)
 아주대학교 환경건설교통공학부 교수 (E-mail : ytoh@ajou.ac.kr)

ABSTRACT

In order to reduce traffic accidents at long road sections involving high risks of traffic accidents, including tunnels, bridges or curves, the National Police Agency have decided a tentative installation and operation of an automated point-to-point speed enforcement system based on cameras at January, 2007. The first system was established at the direction to Kangreung of Dunnae Tunnel at December, 2007. Currently, the automated point-to-point speed enforcement system operates at 11 sections including eight sections on expressways and three sections on national highways. However, there have been few researches on the effects of the system upon the reduction of traffic accidents in a scientific way. To this end, this research effort was initiated to evaluate the effect of the automated point-to-point speed enforcement system on traffic safety by comparing the number of traffic accidents before and after the installation of the system using a comparison-group(C-G) method. Three-year-long traffic accident data for the expressways were collected in order to evaluate the system. As a result, the installation of the system was found to reduce traffic accidents by 49.97% in average.

KEYWORDS

expressways, traffic accidents, point-to-point speed enforcement, comparison-group method

요지

터널, 교량, 커브구간 등 교통사고위험이 연속적으로 존재하는 도로구간에서의 대형교통사고를 예방하기 위하여 경찰청은 2007년 1월 위험도로구간에서 교통관리 대책의 일환으로서 무인구간속도위반단속시스템 시범설치·운영을 결정하였다. 2007년 12월 영동고속도로 둔내터널 강릉방면을 시작으로 2011년 7월 현재까지 고속도로 8개 구간 및 국도 3개 구간, 총 11개 구간 85km에서 무인구간속도위반단속시스템이 운영 중에 있다. 하지만 이러한 무인구간속도위반단속시스템의 설치가 교통사고 감소에 얼마나 기여하는지에 대한 실질적인 연구가 부족하였다. 따라서 본 연구에서는 고속도로를 중심으로 무인구간속도위반단속시스템 설치 전·후 교통사고건수를 체계적으로 비교할 수 있는 비교그룹방법을 이용하여 무인구간속도위반단속시스템의 설치효과를 분석하고자 한다. 이를 위하여 2008년 고속도로에 설치된 무인구간속도위반단속시스템을 대상으로 설치 전·후 각 1년의 사고이력자료를 수집하여 분석하였다. 그 결과, 무인구간속도위반단속시스템을 설치하지 않았을 경우에 비해 사업을 시행함으로써 49.97% 사고감소효과가 있는 것으로 나타났다.

핵심용어

고속도로, 교통사고, 무인구간속도위반단속시스템, 비교그룹방법

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라는 1970년대 이후에 다른 나라에서는 볼 수

없는 급격한 경제성장을 이루어왔다. 경제성장에 따라 생활수준은 높아지고 도시화가 진전되어 왔으며, 그 결과 편리하고 신속한 경제활동과 여가활동을 위한 자동

차 위주의 교통문화도 빠른 속도로 확산되었다. 실제로, 1966년 5만대였던 자동차등록대수는 2009년에 1,733만대에 이르게 되었다. 하지만, “마이카 시대”의 도래와 함께 우리 사회는 교통사고로 인하여 각종 손실과 고통을 겪고 있는 실정이다.

우리나라에서 2009년 총 231,990건의 교통사고가 발생하였다. 231,990건의 교통사고로 인하여 총 5,838명이 사망하고, 361,875명이 부상을 당하였다(경찰청, 2010). 물론, 2009년 자동차 1만대 당 교통사고 사망자수는 2.8명으로 최근 들어 가장 낮은 수치를 기록하였다. 하지만, 여전히 교통사고로 인한 사회적 비용은 2009년 기준 연간 GDP의 1.1% 규모인 11조 8천억원에 이른다(도로교통공단, 2010a). 또한 자동차 1만대 당 사망자수는 3.17명¹⁾으로써 이는 OECD 국가 중 26위에 해당한다(국토해양부, 2010).

2009년 고속도로에서는 총 3,748건의 교통사고가 발생하였으며, 그로 인해 총 397명이 사망하고, 9,636명이 부상을 당하였다(경찰청, 2011). 우리나라의 운영 중인 고속도로는 2009년 12월 21일 기준으로 30개 노선 3,496km로써, 이는 전 세계 10위 안에 해당하는 수치이다(한국도로공사, 2010). 하지만, 고속도로 사고 건수는 다른 OECD 국가들에 비해 현격히 높은 실정인데, 이는 1970년대 이후 경제성장과 함께 빠르게 증가한 교통수요에 적절히 대응하지 못한 고속도로 인프라 투자와 교통문화 개선에 따른 것이라 판단된다. 이에 한국도로공사, 경찰청, 국토해양부 등은 고속도로 안전진단, 사고다발지점 개선사업과 같은 다양한 형태의 노력을 기울여 왔고, 그 결과 고속도로 교통사고, 사망자수, 부상자수 등은 점차적으로 감소하는 추세이다(도로교통공단, 2010b).

이러한 교통사고 감소를 위한 노력의 일환으로 경찰청은 2007년 12월 26일 영동고속도로 둔내터널 강릉방면(편도 2차로, 7.4km)을 시작으로 고속도로 등 교통사고 다발지점에 무인구간속도위반단속시스템을 설치하여 왔다. 무인구간속도위반단속시스템은 구간단속 시작지점과 종료지점에 카메라를 설치하여 두 지점의 시간 차이를 통해 평균속도를 계산하여 과속여부를 판정하는 단속방식이다. 이러한 구간속도위반단속방식은 기존의 지점속도위반단속방식의 한계점으로 지적되어 온 카메라 지점에서만 속도를 줄이고 통과 후에는 다시 가속하는 현상인 일명 “캥거루 현상”을 방지할 수 있다는 장점을 갖는다. 하지만 이러한 무인구간속도위반단

속시스템의 설치가 교통사고 감소에 얼마나 영향을 미치는지에 대한 체계적인 연구가 부족하였다. 또한 일부에서는 ‘구간속도위반단속시스템’이 도입된 지 5년이 지났지만, 구간속도위반단속지점에서 오히려 교통사고가 늘어나고 있다며, 구간속도위반단속시스템의 실효성에 대한 의문이 제기하고 있다. 따라서 무인구간속도위반단속시스템의 지속 또는 확장을 위해서 지금까지 무인구간속도위반단속시스템이 설치된 구간을 대상으로 설치 효과에 대한 체계적인 조사·분석이 필요한 시점이다.

본 연구에서는 고속도로를 중심으로 무인구간속도위반단속시스템 설치 전·후(before and after)의 교통사고건수를 체계적으로 비교할 수 있는 비교그룹방법(Comparison-Group Method; C-G method)을 이용하여 무인구간속도위반단속시스템의 설치효과를 분석하고자 한다.

1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서의 공간적 범위는 2008년에 전국 고속도로에 설치된 5개의 무인구간속도위반단속시스템 운영 구간과 각 구간의 비교대상구간이다. 시간적 범위는 2007년부터 2009년까지로 설정하였다. 연구 방법은 먼저 2007~2009년의 고속도로 교통사고데이터를 수집하여 5개 구간의 무인구간속도위반단속시스템 설치 전·후의 교통사고건수를 파악하였다. 조사된 교통사고건수와 더불어 교통량, 기하구조를 고려하여 비교대상도로를 선정하였다. 마지막으로 비교그룹방법을 이용하여 무인구간속도위반단속시스템의 설치효과를 분석하였다.

2. 관련 문헌 고찰

본 절에서는 무인지점속도위반단속장비 및 무인구간속도위반단속장비의 설치 효과를 비교·분석한 국·내외연구 결과 및 사용된 방법론을 중심으로 살펴보고자 한다.

2.1. 무인지점속도위반단속시스템 국내·외 효과분석 사례

이제션(2002)은 미시교통시물레이션 S/W인 INTERGRATION을 이용하여 무인지점속도위반단속시스템이 교통류특성에 미치는 영향을 분석하였다. 그의 연구에서 교통량이 분당 40대 이하인 상황에서는 차두시간(headway)의 변화가 크게 나타나지만 교통량

1) 2007년 사망자 대상으로 OECD 기준에 따라 계산된 수치임.

이 증가함에 따라 영향이 줄어든다는 것을 밝혔다. 서중도(2004)는 고속도로 상에 설치되어 있는 고정식 실물 및 모형 무인속도위반단속카메라에 대해 단순사고건수법(Simple Before-After Evaluation Method)을 적용하여 그 효과를 분석하였다. 연도 별로 사고감소효과를 살펴보면 2001년도에 6.9%가 감소했고, 2002년도에는 1.2% 증가했으나 2003년에는 8.3% 감소하였다고 분석하였다. 또한, 실물 지점속도위반단속카메라는 55.1%, 모형 속도위반단속카메라는 43%의 교통사고 감소 기여율이 있다고 분석하였다. 서보준(2004)는 국도 4호선과 28호선 상에서 무인지점속도위반단속시스템이 통행속도에 미치는 영향에 대해 분석하였다. 국도 28호선의 경우, 단속시스템의 전방 150~100m지점에서는 속도가 3.86km/h, 100~50m지점에서는 속도가 1.39km/h 감소하였다. 국도 4호선의 경우, 전방 150~100m지점에서는 속도가 1.75km/h, 100~50m지점에서는 속도가 3.17km/h 감소된 것으로 분석되었다. 하지만, 국도 28호선의 경우 단속시스템 후방 50~100m지점과 100~150m지점에서는 속도가 각각 4.47km/h, 그리고 3.17km/h 증가하였다. 국도 4호선의 경우 단속시스템 후방 50~100m지점과 100~150m지점에서 속도가 각각 2.95km/h, 그리고 3.24km/h가 증가한 것으로 분석하였다. 이러한 조사 결과는 앞서 언급한 “캥거루 현상”을 잘 보여주고 있다. 도로교통공단(2008a)은 2004년부터 2006년까지 무인교통단속시스템의 사고예방효과를 단순사고건수법으로 분석한 결과 2004년도에는 24%, 2005년도에는 19%, 2006년도에는 18%의 사고감소효과가 있는 것으로 분석하였다.

Fitzsimmons 등(2007)은 2001~2006년 교차로 교통사고자료를 토대로 경험적 베이지 방법(Empirical Bayesian Method)을 이용하여 신호교차로와 비신호교차로에 대한 적색신호 및 정지표지 위반단속카메라의 설치 효과를 분석하였다. 그 연구에서 적색신호 및 정지표지 위반단속카메라 설치 후, 신호교차로에서 충돌사고가 44% 감소하였고, 비신호교차로(정지표지 운영)에서는 11.8% 감소하였음을 보였다. Franz 등(2010)은 공사구간에서 무인속도위반단속카메라에 의한 속도변화를 분석하였다. 설치지점의 상류부에서는 평균속도가 5.4mph 감소하였으며 하류부에서는 5.0mph가 감소한 것으로 분석하였다. 이 연구에서는 공사구간에서 차량 통행행태로 분석하고 있어서, 일반적인 무인속도위반단속시스템의 결과와는 차이를 보이고 있다.

2.2. 무인구간속도위반단속시스템 국·내외 효과분석 사례

도로교통안전관리공단은 일련의 연구과제를 통하여 무인구간속도위반단속시스템의 설치기준 및 효과평가와 관련된 연구를 수행하였다. 도로교통안전관리공단²⁾(2007)의 “무인구간속도위반단속시스템 개발 연구”에서는 무인구간속도위반단속시스템 도입과 관련하여 설치지점 선정기준, 규격 및 평가모형 등에 대한 연구를 하였다. 평가모형 개발에서는 서해대교, 죽령터널, 둔내터널, 미시령터널의 자료를 이용하여 다중회귀식(Multi Regression Model)을 통해 속도편차, TTC(Time to Collision), 전체 차량 평균속도, 교통량, 제한속도 10km/h 초과차량 비율, 차로수, 중차량 구성비, 종단구배, 횡단구배가 교통사고에 영향을 미치는 주요 변수임을 밝혔다. 이어서 도로교통공단(2008b)은 “무인 구간속도 위반 단속시스템 평가모형 및 설치기준 개발 연구”에서 무인구간속도위반단속시스템의 설치 지점에서 교통류 변화 분석을 통해 설치 효과를 분석하였다. 서해대교 구간의 경우 설치 후 평균속도는 13% 감소하였으며 분산은 약 53% 감소하여 교통류 안전화에 긍정적 효과로 나타났다. 또한 평균속도, 85퍼센타일속도, 속도분산, TTC, 제한속도 초과차량 비율 등을 설명변수로 하여 다중회귀모형식을 정립하고 모형식에 의한 효과를 예측한 결과 교통사고건수가 2배 이상 감소하는 것으로 예측되었으며, 특히 TTC값 10초 이하 비율이 높은 서해대교의 경우 10배 이상 감소하는 것으로 예측되었다. 도로교통공단(2009)의 “무인구간속도위반 단속시스템 평가모형 검증 및 효과분석 연구”에서는 다중회귀분석을 이용하여 무인구간속도위반단속시스템의 평가모형을 구축한 후, 입력변수를 조사하여 설치 우선순위를 결정하는 기법을 개발하였다. 모형 구축에는 구간평균속도, 속도분산 그리고 TTC가 변수로 사용되었으며, 5개 구간의 설치 우선순위를 선정하였다. 또한 본 연구에서는 무인구간속도위반 단속시스템 설치후 1~2년 밖에 지나지 않아 교통사고분석이 다소 미흡함을 지적하고 추후 효과분석 연구의 필요성을 언급하였다.

이상수(2007)는 기존의 지점방식 속도위반단속시스템에 대한 도로이용자의 만족도와 구간방식 과속단속장치에 대한 선호도를 설문조사를 통하여 분석하였다. 그의 연구에서 90%의 응답자가 “캥거루 현상”을 실행한 적이 있는 것으로 조사되어 이러한 현상이 매우 보편적으로 이루어지고 있음을 보였다. 지점속도위반단속장치

2) 2008년 도로교통공단으로 명칭 변경

의 만족도는 “만족한다”가 22%로 “만족하지 않는다”의 33%보다 낮게 나왔으며, 문제점으로는 단속지점의 노출과 차량의 급정거에 따른 안전문제를 지적하였다. 구간속도위반단속시스템 도입의 찬성여부에 대하여 설문자의 약 70% 정도가 찬성하는 것으로 파악되었다. 구간속도위반단속시스템의 적용에 적합한 도로구간으로는 직선주행도로와 교량 및 터널, 그리고 곡선주행도로의 선호도가 높게 나타났다. 박제진(2008) 등은 서해안고속도로와 영동고속도로에 설치된 무인구간과속단속시스템이 교통류에 미치는 영향을 분석하였다. 분석결과 지점평균속도, 구간평균속도, 속도분산 등 모두 감소하는 추세를 보였으며 특히, 속도분산의 감소로 전반적인 도로의 교통류 흐름이 안정적으로 운영되어 진다고 하였다. 또한 서해안고속도로는 3.2%, 영동고속도로는 12.2%의 일평균 교통사고건수가 설치 전에 비하여 감소한 것으로 분석하였다.

Stefan(2006)은 오스트리아의 Kaisermühlen 터널에 설치된 무인구간과속단속시스템에 대해 비교그룹방법을 이용해 효과를 분석한 결과 사고감소로 인한 경제적 효과가 102만 유로 정도인 것으로 분석되었다.

2.3. 관련 문헌 검토를 통한 시사점 도출

무인지점속도위반단속시스템과 무인구간속도위반단속시스템의 설치 효과에 대한 국내·외 관련 연구를 살펴본 결과 효과 계량화를 위하여 단순사고건수법, 비교그룹방법, 경험적 베이스 방법 등이 주로 사용되었음을 알 수 있다. 또한 설치 효과를 충분히 분석하기 위해서는 무인구간과속단속시스템의 설치 전과 후의 교통조건 및 교통사고 자료를 충분히 검토하는 것이 필요함을 알 수 있다.

3. 무인구간속도위반단속시스템 소개

3.1. 무인구간속도위반단속시스템 개요

1997년 지점속도위반단속시스템을 처음으로 도입한 이후 2008년 10월을 기준으로 고정식 2,888대와 이동식 411대의 무인교통단속시스템을 운영하였다. 그러나 지점속도위반단속장비는 한 지점에서만 단속이 이루어지기 때문에 단속지점 직전에만 속도를 줄이게 되는 “캥거루 현상”이 발생하게 된다. 이와 같은 현상으로 인해 커브구간, 교량, 터널 등의 긴 구간에 걸쳐서 사고위험이 존재하는 경우에는 속도위반단속장비의 원래 목적을 달성하는데 한계가 분명히 존재한다(도로교통공단,

2008b).

이에 2007년 1월 경찰청에서는 지점속도위반단속장비의 단점을 극복할 수 있는 무인구간속도위반단속시스템의 시범 설치 운영을 발표하게 되었다. 무인구간속도위반단속시스템은 일정 도로구간의 구간통행속도를 근거로 과속차량을 단속하는 장치로서 단속구간 기·종점에 설치된 장치로부터 센터시스템으로 전송된 통과차량의 통과시간과 이미 알고 있는 통행거리를 이용하여 구간통행속도를 산출하고 제한속도 이상으로 운행한 과속차량을 적발하여 통보하는 시스템이다.

무인구간과속단속시스템은 현재 영국, 네덜란드, 호주에서 운영되고 있다. 영국에서는 SPECS라는 시스템이 설치·운영되고 있으며 특히 Nottingham Road의 경우는 과속에 의한 사상사고가 높은 지점에 설치한 후 5~6mph 이상 주행속도가 감소하였고, 사망사고는 발생하지 않았으며 중상사고는 40%, 경상사고는 30% 감소한 것으로 파악되었다. 네덜란드에서는 3km구간을 대상으로 3개의 다른 위치에 총 9개의 카메라를 설치하였다. 시스템의 도입 후, 평균주행속도가 115km/h에서 106km/h로 감소되어짐과 더불어 교통사고율이 10%나 감소되는 등 효과를 보이는 것으로 나타났다. 호주에서는 2005년부터 24개 지역에 설치하여 시범운영한 결과 효과가 있는 것으로 나타났다(박제진 외, 2008).

무인구간과속단속시스템은 단속구간 기점과 종점에 설치되는 지역제어장치, 중앙처리장치와 통신장치로 구성된다. 지역제어장치는 단속구간의 기점과 종점 도로 현장에 설치되어 통신망으로 연결되고, 지점속도위반, 버스전용차로통행위반, 갓길통행위반 차량 등을 검지하여 중앙처리장치에 전송한다. 영상분석센터에 위치한 중앙처리장치는 지역제어장치를 총괄 관리하고, 현장에 설치된 지역제어장치로부터 전송된 위반차량 데이터를 수신하여, 자동차적조회, 영상출력, 위반사실통지서발부, 위반처리결과를 분청시스템에 송부하고, 각종 통계 자료를 산출하는 기능을 수행한다. 시스템의 설치·운영은 각 지방경찰청(또는 경찰서) 단위로 설치된 중앙처리장치에서 분산 처리된다(경찰청, 2008).

3.2. 무인구간과속단속시스템 설치 기준

무인구간단속시스템의 설치대상 지점은 일정 구간 내에서 교통사고의 위험이 연속적으로 존재하여, 구간 전체를 대상으로 통행속도관리가 요구되는 도로구간에 적용이 효과적인 것으로 밝혀졌다(도로교통공단, 2008b).

도로교통공단(2008b)은 무인구간단속시스템의 설치를 위해 검토하여야 할 도로조건 및 교통운영 조건은 표 1 과 같이 제시하고 있다.

표 1. 무인구간단속시스템 설치를 위한 고려 요소

구분	긍정적 요소	부정적 요소
도로 구조	<ul style="list-style-type: none"> - 교량 및 교량부 도로구간 - 터널구간 - 종단경사 구간 - 급격한 곡선부 - 시계가 불량한 구간 - 위험도로구간 연장거리가 지점단속 영향권보다 긴 구간 	<ul style="list-style-type: none"> - 상향 구배가 큰 도로 구간 - 합류 및 분류지점 존재 도로구간 - 톨게이트 위치 구간 - 정류장, 휴게소 등 교통시설물 존재 구간 - 위험도로구간 연장거리가 지점단속 영향권보다 짧은 구간
교통 운영	<ul style="list-style-type: none"> - 일정거리에서 걸쳐 교통사고 발생률이 높은 구간 - 도로의 장기공사 구간 - 과속으로 교통사고 잠재성이 높은 구간 - 도시부 통과 도로구간 - 도로의 기하구조가 불량 및 교통여건 상 규정된 속도를 적용하기 어려운 구간 	<ul style="list-style-type: none"> - 신호등 설치 구간 - 지점 무인교통단속장치 설치 구간

출처 : 도로교통공단(2008b)

구간과속단속시스템을 적용하기 위한 도로구간의 적정 거리는 현장도로와 교통여건 또는 사고발생 내용에 따라 운영자의 판단에 따르는 것이 합리적이다. 그러나 단속구간이 너무 길 경우 운전자에게 부담을 주거나 회피 행동에 따른 부작용이 있을 수 있고, 너무 짧은 구간에서 적용될 경우에는 시스템 기능상의 한계와 비용이 증대됨으로 효과를 극대화할 수 있는 적정거리를 고려해야 한다. 도로교통공단(2008b)은 구간단속을 적용한 최소거리로서 시간일치 기능에 따른 속도측오차의 한계와 지점단속장치의 영향권을 고려할 때 약 3km 이상 도로구간에 적용하는 것이 적정하다고 제시하고 있다. 또한, 적용하는 구간이 너무 긴 경우에는 운전자가 과속을 단속하고 있는지를 망각하여 단속효과를 약화시킬 수 있고, 최대구간은 장시간 과도한 긴장상태를 유발하여 스트레스를 높일 수 있으므로 최대구간은 10km 이내로 하는 것이 바람직하다고 제안하고 있다.

3.3. 무인구간속도위반단속시스템 설치현황

무인구간속도위반단속시스템은 2007년 12월 영동고속도로 둔내터널에서 처음으로 설치되면서 고속도로를 중심으로 설치 구간수를 늘려오고 있다. 2009년에는

고속도로뿐만 아니라 국도에도 처음 설치되면서 2011년 7월 현재 고속도로 8개 구간 및 국도 3개 구간으로 전국에 총 11개 구간에 설치가 되어 운영 중에 있다(표 2 및 그림 1 참조).

표 2. 고속도로 무인구간과속단속시스템 설치 현황

노선	방향	구간길이	설치년도	비고	
고속도로	서해안선	서울	9.1km	2007	서해대교
	서해안선	목포	9.1km	2008	서해대교
	통영대전-중부선	통영	7.5km	2008	
	평택제천선	평택	5.7km	2008	
	중부내륙선	마산	14.1km	2008	
	영동선	인천	7.5km	2009	둔내터널
국도	영동선	강릉	7.5km	2007	둔내터널
	중앙선	부산	5.6km	2008	죽령터널
	지방도 86번	양방향	6.1km	2009	미시령터널
	국도 77호선	양방향	3.3km	2011	자유로
	지방도 58번	양방향	9.5km	2011	거가대교

위의 표에서 설치지점을 살펴보면 11개의 구간 중 7개의 구간이 교량 및 터널에 설치되어있다. 서해대교, 거가대교, 둔내터널, 죽령터널, 미시령터널은 각각 그 길이가 7.3km, 8.2km, 3.4km, 4.6km, 3.6km로 장대교량과 장대터널이다. 이와 같이 긴 구간에 걸쳐서 속도규제가 필요한 지점을 위주로 무인구간과속단속시스템이 설치되어 운영되고 있다. 그림 1은 11개 설치 구간 중 8개 고속도로 설치 구간을 보여주고 있다.



그림 1. 고속도로 무인구간속도위반단속시스템 설치 위치

4. 무인구간속도위반단속시스템 사고감소효과 분석

4.1. 분석방법론 선정

교통안전시설물의 효과분석 방법으로는 주로 사전·사후비교분석방법(before-and-after study)이 빈번하게 사용된다. 이 방법은 교통안전시설물이 설치되지 않았을 때의 예측된 사고건수와 실제 관측된 사고건수를 비교하여 그 설치효과를 분석하는 방법으로서 단순사고건수 비교방법, 일대일 비교방법, 비교그룹방법(Comparison-Group Method), 경험적 베이지 방법(Empirical Bayesian Method)이 있다(김정현 외, 2008).

사전·사후비교분석방법의 네 가지 방법 중 단순사고건수 비교방법과 일대일 비교방법은 적용이 용이하지만 분석의 신뢰도가 너무 떨어지기 때문에 본 연구에서는 배제하였다. 분석의 신뢰도가 가장 높은 경험적 베이지 방법은 분석을 위해 많은 자료를 요구하고 또한 교통사고예측모형 구축이 필요하다. 하지만, 무인구간과속단속시스템의 경우 설치 지점이 충분치 않아 교통사고예측모형 구축에 어려움이 따른다. 따라서 본 연구에서는 교통안전시설 설치 후 발생한 고속도로 무인구간속도위반단속시스템 설치가 교통사고건수에 미치는 영향을 분석하기 위해 비교그룹방법을 선정하였다.

Hauer(1997)에 의해 처음 제시된 비교그룹방법은 실제 교통사고 건수와 사업이 실행되지 않았을 경우를 가정하여 추정된 교통사고 건수를 비교하는 방법이라는 것이다. 비교그룹방법은 일대일 비교방법의 단점인 교통사고변화의 일반적 추세와 외부변화요인에 의한 오류를 방지할 수 있다는 장점이 있지만 여전히 평균으로의 회귀라는 문제점은 극복하지 못한다. 또한 분석대상도로와 유사한 특성을 가진 비교지점을 찾는 것이 쉽지 않다는 한계점이 있다. 하지만 비교그룹방법은 여러 지점을 비교대상으로 선택하여 교통사고 감소효과를 비교함으로써 평가하고자 하는 사업효과에 다른 주변요인들에 의해서 사고의 변화가 발생할 수 있는 외적요인들의 변화를 고려하여 대상 사업의 효과만을 분석할 수 있는 장점이 있다. 비교그룹방법은 고속도로 노면요철 포장의 교통사고 감소 효과분석(이동민 외, 2007), 신호등 위치에 따른 교통사고 효과 분석(김정현 외, 2008), 어린이보호구역의 교통사고 감소 효과(정도영, 2008) 등 많은 교통시설물 설치에 따른 교통사고 감소 효과분석에 적용된 바 있다.

본 연구에서는 비교그룹방법을 적용하기 위해 5단계 과정을 따르고 있다. 1단계에서 해당 교통안전시설이 설

치된 분석대상구간과 유사한 교통 및 도로조건을 가지고 있는 비교대상 구간을 선정한다. 2단계에서는 비교대상구간의 시행 전·후의 교통사고 비율을 통해 분석대상구간의 사업시행 후 사업이 시행되지 않았을 경우의 예측된 사고건수를 구한다. 3단계에서는 사후시점에서의 실제 사고건수와 예측된 사고건수에 대해 각각 분산을 추정하고 이를 이용해 4단계에서 교통사고감소건수 및 교통사고변화율을 구하게 된다. 5단계에서는 교통사고건수와 교통사고변화율에 대한 분산을 구한다. 여기서 사전이란 해당 교통안전시설이 설치되기 이전의 분석기간을 말하며 사후란 설치 이후 분석기간을 말한다. 원칙적으로 사전 및 사후 분석기간은 동일하여야 한다. 예를 들어, 본 연구에서는 2008년에 무인구간속도위반단속시스템이 설치된 구간들을 분석대상구간으로 선정하였으며 2007년과 2009년을 각각 사전 및 사후 분석기간으로 선정하였다. 각 단계에 사용된 식은 다음과 같다.

$$\hat{\lambda} = N_{at} \quad (1)$$

$$\hat{r}_c = (N_{ac}/N_{bc}) / (1 + 1/N_{bc}) \approx N_{ac}/N_{bc} \quad (2)$$

$$\hat{\pi} = \hat{r}_c \cdot N_{bt} \quad (3)$$

$$\hat{\delta} = \hat{\pi} - \hat{\lambda} \quad (4)$$

$$\omega = \frac{N_{bt} \cdot N_{ac}}{(N_{at} \cdot N_{bc}) \left(1 + \frac{1}{N_{at}} + \frac{1}{N_{bc}}\right)} \quad (5)$$

$$\widehat{\text{var}}\{\hat{\pi}\} = \hat{\pi}^2 [1/N_{bt} + 1/N_{bc} + 1/N_{ac} + \widehat{\text{var}}\{\omega\}] \quad (6)$$

$$\hat{\theta} = \frac{(\hat{\lambda}/\hat{\pi})}{\left(1 + \frac{\widehat{\text{var}}\{\hat{\pi}\}}{\hat{\pi}^2}\right)} \quad (7)$$

$$\hat{\sigma}\{\hat{\delta}\} = \sqrt{(\widehat{\text{var}}\{\hat{\pi}\} + \widehat{\text{var}}\{\hat{\lambda}\})} \quad (8)$$

$$\hat{\sigma}\{\hat{\theta}\} = \frac{\hat{\theta} \sqrt{(\widehat{\text{var}}\{\hat{\lambda}\}/\hat{\lambda}^2) + (\widehat{\text{var}}\{\hat{\pi}\}/\hat{\pi}^2)}}{[1 + \widehat{\text{var}}\{\hat{\pi}\}/\hat{\pi}^2]} \quad (9)$$

여기서,

$\hat{\lambda}$ 또는 N_{at} = 분석대상구간의 사후 교통사고 건수

\hat{r}_c = 비교대상도로의 사전 교통사고 건수 대비 사후 교통사고 건수 비

N_{ac} = 비교대상구간의 사후 교통사고 건수

N_{bc} = 비교대상구간의 사전 교통사고 건수

N_{bt} = 분석대상구간의 사전 교통사고 건수

$\hat{\pi}$ = 분석대상도로에서 사업이 시행되지 않았다는 가정하에서 추정된 사후 교통사고 건수

ω = 승산비(odds ratio)

$\hat{\delta}$ = 교통사고 변화 건수

$\hat{\theta}$ = 교통사고 효율성 척도

보통 교통사고 변화 건수($\hat{\delta}$) 혹은 교통사고 효율성 척도($\hat{\theta}$)가 효과척도(measures of effectiveness)로 사용된다. 일반적으로 교통사고 변화 건수($\hat{\delta}$) > 0 또는 교통사고 효율성 척도($\hat{\theta}$) < 1 이면, 시행된 사업이 효과가 있는 것으로 결론 내릴 수 있다 (김정현 외, 2008). 기타 사전·사후비교분석방법 및 비교그룹방법에 대한 자세한 사항과 식은 Hauer(1997), 이동민 외(2007)와 김정현 외(2008)의 연구를 참조할 수 있다.

4.2. 분석대상 구간 선정 및 교통사고자료 수집

분석대상구간은 2008년 고속도로 상에 설치된 5개 구간의 무인구간속도위반단속시스템이다. 그러나 5개 구간 중 서해안선과 중앙선에 설치된 2곳은 분석대상에서 제외하였다. 두 노선에 설치된 무인구간속도위반단속시스템은 각각 서해대교와 죽령터널에 설치된 것이다. 그룹비교방법에서 비교대상구간은 분석대상구간과 최대한 유사한 성격을 지니는 도로이어야 한다. 하지만 서해대교와 죽령터널은 장대시설로 유사한 시설을 찾기가 어려워 비교대상구간 선정에 어려움이 있어 배제하였다. 최종적으로 통영대전·중부선, 평택·제천선, 중부내륙선에 설치된 3개의 구간을 분석대상구간으로 선정하였다.

분석에 사용된 교통사고자료는 설치년도(2008)를 기준으로 전·후 1년(2007년, 2009년)의 사고건수를 이용하였다. 교통사고자료는 물피사고를 제외한 인명사고 이상의 자료만을 선정하였다. 분석대상구간의 교통사고 건수는 다음 표와 같다.

표 3. 분석대상구간 교통사고건수 비교

구 분	2007년	2008년	2009년
통영대전·중부선	4건	4건	1건
평택·제천선	2건	0건	0건
중부내륙선	1건	8건	1건

비교대상구간 선정은 각 분석대상구간과 같은 노선 상에 존재하는 구간 중에서 선정을 하였다. 선정에서는 구간 교통량, 구간 길이, 도로선형이 고려되었다. 각 분석대상구간에 대하여 선정된 비교대상구간은 표 4와 같다.

표 4에서 어떻게 표시한 구간이 각 노선에서 무인구간단속시스템이 설치된 구간이다(즉, 분석대상구간). 무

표 4. 분석대상구간별 비교대상구간 선정

구 간	통영대전·중부선		평택·제천선			중부내륙선		
	구간 길이	교통량 (대/일)	구 간	구간 길이	교통량 (대/일)	구 간	구간 길이	교통량 (대/일)
단성~산청	7.5km	23,991	청북~송탄	5.7km	26,718	괴산~충주	14.5km	39,865
서진주~단성	7.5km	25,064	송탄~안성JC	5.7km	29,474	북상주~점촌합창	14.5km	37,128
지곡~서상	7.5km	21,589	-	-	-	문경새재~연풍	14.5km	40,329

출처 : 한국도로공사(2008)

인구간단속시스템이 설치된 구간의 교통량과 차이가 10% 이하인 구간 중에서 기하구조, 토지이용 등을 고려하여 분석대상구간과 길이가 같은 구간을 비교대상구간으로 선정하여 비교대상그룹으로 하였다. 참고로, 비교구간선정에 사용된 교통량은 한국도로공사에서 제공하는 2007년 구간 교통통계 자료를 이용하였다(한국도로공사, 2008). 비교대상구간의 교통사고 건수는 다음과 같다.

표 5. 비교대상구간 교통사고 건수

노 선 명	구 간	사고건수		
		2007년	2008년	2009년
통영대전·중부선	서진주~단성	3건	3건	1건
통영대전·중부선	지곡~단성	2건	2건	4건
평택·제천선	송탄~안성JC	2건	0건	2건
중부내륙선	북상주~점촌합창	4건	5건	3건
중부내륙선	문경새재~연풍	9건	4건	4건

4.3. 무인구간과속단속시스템 사고감소효과 분석

김정현 외(2008)이 제시하고 있는 비교그룹방법에 따라 분석한 결과 표 6과 같은 결과를 도출하였다.

교통사고 효율성 척도($\hat{\theta}$)는 1보다 작을 경우 그 교통시설물을 설치함으로써 사고감소효과가 있다고 말할 수 있다. 분석결과 교통사고 효율성 척도가 0.17로 무인구간단속시스템의 설치가 교통사고 감소에 큰 효과가 있는 것으로 분석되었다. 사고건수 측면에서 살펴보면 무인구간단속시스템을 설치하지 않았을 시의 2009년 사고건수가 3.92건으로 예측되었고 실제 2009년의 사고건수는 2건으로 무인구간단속시스템을 설치함으로써 1년 동안 1.92건의 사고감소 효과가 있는 것으로 분석되었다. 그에 따른 교통사고 감소율은 49.97%로 분석되었다.

표 6. 비교그룹방법의 분석 결과

구 분	결 과
분석대상도로의 사전 교통사고건수(N_{br})	7
분석대상도로의 사후 교통사고건수(N_{ar})	2
비교대상도로의 사전 교통사고건수(N_{bc})	20
비교대상도로의 사후 교통사고건수(N_{ac})	14
사후시점의 해당도로에서 조사된 실제 사고건수($\hat{\lambda}$)	2
사후시점의 해당도로에서 사업이 시행되지 않았을 경우 예측된 사고건수($\hat{\pi}$)	3.92
교통사고 변화 건수($\hat{\delta}$)	1.92
교통사고 변화 건수의 표준편차($\sigma[\hat{\delta}]$)	2.43
교통사고 효율성 척도($\hat{\theta}$)	0.17
교통사고 효율성 척도의 표준편차($\sigma[\hat{\theta}]$)	0.08
교통사고 감소율	49.97%

5. 결론 및 향후 연구과제

사고다발지점 또는 교통사고 위험이 높은 지역에 설치된 지점무인속도위반단속시스템의 한계인 “갯거루 현상”을 줄임으로써 대형교통사고를 저감시킬 목적으로 설치된 무인구간속도위반단속시스템이 도입된지 벌써 5년이 되어 간다. 하지만 아직까지 무인구간속도위반단속시스템의 효과에 대한 추적 연구가 충분치 않아 무인구간속도위반단속시스템의 설치 및 확대에 의문이 제기되고 있다. 따라서 본 연구에서는 무인구간속도위반단속시스템이 설치된 구간들에 대한 사전·사후비교분석방법을 이용하여 그 효과를 살펴보았다.

본 연구에서는 사전·사후비교분석방법 중 상대적으로 적용이 용이하며 교통시설물의 설치에 따른 교통사고 감소효과에 빈번히 적용되어 온 비교그룹방법을 이용하여 고속도로에 설치된 무인구간단속시스템의 설치효과를 분석하였다.

무인구간속도위반단속시스템의 효과를 분석하기 위하여 2008년 통영대전·중부선, 평택제천선, 중부내륙선에 설치된 3개의 무인구간속도위반과속단속시스템을 분석대상으로 선정하였다. 비교그룹방법을 적용하기 위해서는 분석대상구간과 유사한 통행 및 기하구조 특성을 보이는 구간을 비교그룹으로 선정할 필요가 있다. 이를 위해서 분석대상구간과 동일한 노선 상에 존재하는 구간 중 분석대상구간과 교통량, 구간길이 및 선형조건이 유사한 구간을 비교대상구간으로 선정하였다.

분석결과를 살펴보면 교통사고 효율성 척도는 0.17로

무인구간과속단속시스템이 교통사고 감소효과에 큰 효과가 있는 것으로 분석되었다. 사고건수는 무인구간과속단속시스템을 설치하지 않았을 때의 교통사고건수 추정치보다 1.92건의 감소된 것으로 분석되었다. 무인구간과속단속시스템을 설치하지 않았을 경우에 비해 사업을 시행함으로써 49.97% 사고감소효과가 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서 분석된 구간들은 사고건수가 많지 않아 사고에 대한 원인(과속, 차량결합, 졸음 등)의 구별 없이 단순히 얼마나 사고가 감소하였는지에 대하여 분석하였다. 하지만 사고건수가 좀 더 확보될 수 있다면 사고원인 중 과속으로 인한 사고에 대해서 분석한다면 좀 더 명확히 무인구간단속시스템의 효과에 대해 알 수 있을 것이다. 또한 무인구간단속시스템의 효과를 시행 전·후 1년간의 교통사고만으로 분석하였는데, 이는 무인구간단속시스템의 설치로 인한 효과뿐만 아니라 다양한 주변 여건 변화에 의한 사고건수 변화를 고려하는 데 한계가 있다. 따라서 추후 보다 장기간의 교통사고자료를 취득하여 분석하는 노력이 필요할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- 경찰청(2008). *경찰규격서 고정식 무인교통단속장비*. 경찰청.
- 경찰청(2011). *2010년판 교통사고통계*. 경찰청.
- 국토해양부(2010). *2009 국가교통·SOC 주요통계*. 국토해양부.
- 김정현, 김규호, 김장욱, 이수범(2008). “C-G Method를 활용한 신호등 위치에 따른 교통사고 효과 분석”, *대한토목학회논문집*, 제28권 제6D호 pp.775-789.
- 도로교통공단(2007). *무인구간속도위반시스템 개발 연구-시스템 개발 및 설치 전 사전조사*. 도로교통공단.
- 도로교통공단(2008a). *무인교통단속시스템 설치효과분석에 관한 연구*. 도로교통공단.
- 도로교통공단(2008b). *무인 구간속도 위반 단속시스템 평가 모형 및 설치기준 개발 연구*. 도로교통공단.
- 도로교통공단(2009). *무인구간속도위반단속시스템 평가모형 검증 및 효과분석 연구*. 도로교통공단.
- 도로교통공단(2010a). *09 도로교통 사고비용의 추계와 평가*. 도로교통공단.
- 도로교통공단(2010b). *교통사고 통계분석*. 도로교통공단.
- 박민호, 박규영, 장일준, 이수범(2006). “중앙분리대 설치에 따른 사고전환효과 분석”, *대한교통학회지*, 제24권 제2호 pp.113-124.
- 박제진, 이윤미, 박재범, 강정규(2008). “구간과속단속시스템이 교통류 특성에 미치는 영향”. *대한교통학회지*, 제26권 제3호 pp.85-95.
- 서보준(2004). “무인단속기가 통행속도에 미치는 영향에 관

- 한 연구.” 석사학위논문, 경일대학교.
- 서종도(2004). “무인과속단속시스템이 교통사고 감소에 미치는 영향 분석.” 석사학위논문, 경상대학교.
- 이동민, 강재홍, 성낙문, 정봉조(2007). “C-G Method를 이용한 고속도로 노면요철 포장의 교통사고감소 효과분석”, *한국도로학회 논문집* 제9권 2호 pp.77-87.
- 이상수(2007). “구간방식 과속단속장치 도입방안에 관한 연구”, *한국안전학회지*, 제22권 제3호.
- 이제선(2002). “Headway를 이용한 무인과속단속시스템의 교통류특성 변화에 관한 연구.” 석사학위 논문. 안양대학교.
- 정도영(2008). “어린이보호구역 설치에 따른 교통사고 감소 효과 분석.” 석사학위 논문. 서울시립대학교.
- 한국도로공사(2008). *주요구간 연도별 차종별 단면 교통량 분석자료*. 한국도로공사.
- 한국도로공사(2010). *도로업무통계*. 한국도로공사.
- Fitzsimmons, E. J., Shauna Hallmark, Thomas McDonald, Massiel Orellana, David Matulac(2007). “*The Effectiveness of Iowa’s Automated Red Light Running Enforcement Programs*”, Iowa State University.
- Franz, M. L., Gang-Len Chang(2010). “Effects of Automated Speed Enforcement in Maryland Work Zones”, *Transportation Research Board 90th Annual Meeting*.
- Hauer, E.(1997). *Observation Before-After Studies in Road Safety*. Pergamon/Elsevier Science Inc., Tarytown, New York.
- Stefan, C.(2006). “*Section Control-Automatic Speed Enforcement In The Kaisermuhlen Tunnel*”, Christian Stefan Austian Safety Board.

접 수 일 : 2011. 8. 7
 심 사 일 : 2011. 8. 14
 심사완료일 : 2011. 10. 13