

무인신호위반단속장비 설치 후의 연도별 사고감소 효과

Accident Reduction Effects by Year After Installation of Red Light Cameras

김 태 영* 박 병 호**
(Tae-Young Kim) (Byung-Ho Park)

요 약

도로교통공단은 무인신호위반단속장비의 설치 후 1년 자료를 바탕으로 사고감소효과를 분석하고 있기 때문에, 무인신호위반 설치 후 연도별 사고감소효과에 대한 연구는 부족한 실정이다. 본 연구는 RLC 설치 이후 연도별 3년 동안의 사고감소효과를 다루고 있다. 연구의 목적은 EB(Empirical Bayes)방법을 이용하여 사고감소 효과를 연도별로 분석하는데 있다. 이를 위해 이 연구는 RLC가 설치된 20개 교차점 951건의 사고자료를 이용한다.

연구의 주요결과는 다음과 같다. 첫째, 포아송 회귀모형을 이용하여 통계적으로 유의한 안전성과함수를 개발하였다. 둘째, EB방법을 이용하여 분석한 결과, 전체적인 사고감소효과는 설치 후 1년 2.73~38.75%, 2년은 6.85~47.36%, 그리고 3년은 6.04~39.31%의 감소효과가 있는 것으로 분석되었다.

Abstract

Because ROTA(road traffic authority) analyzes the effects of accident reduction based on the data of 1-year after installation of RLC(red light camera), study of accident reduction effects over year after the installation of RLC is very short. This study deals with the traffic accident reduction during 3 years after the installation of RLC. The objective is to analyze the effects of accident reduction by year using EB method. In pursuing the above, the study uses the 951 accident data occurred at the 20 intersections which RLC are installed.

The main results analyzed are as follows. First, the safety performance function (SPF) has been developed by the Poisson regression models which are statistically significant. Second, the results of an Empirical Bayes(EB) analyses showed that the accidents were reduced by the range from 2.73 to 38.75% after 1 year, from 6.85 to 47.36% after 2 year, and from 6.04 to 39.31% after 3 year from the installation of RLC.

Key words: Poisson regression, empirical bayes method, red light camera, effects of accident reduction by year

* 주저자 : 충북대학교 도시공학과 박사수료
** 공저자 및 교신저자 : 충북대학교 도시공학과 교수
† 논문접수일 : 2009년 11월 27일
† 논문심사일 : 2010년 1월 18일(1차), 2010년 4월 10일(2차)
† 게재확정일 : 2010년 4월 12일

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

교통사고는 자동차의 증가추세에 따라 꾸준히 증가해 왔다. 자동차가 12만대에 불과하던 1970년에는 3만 7천여 건의 교통사고로 3천명이 사망하고, 4만 2천여 명이 부상당하였다. 이에 비해, 2007년도에는 211,661건이 발생하여 6,166명이 사망하고, 335,906명이 부상당하였다. 우리나라에서 발생한 교통사고 전체 211,661건의 사고 중 교차로에서 93,113건이 발생하여 44.0%를 차지하며, 전체 교통사고에서 가장 높은 비중을 차지하였다[1].

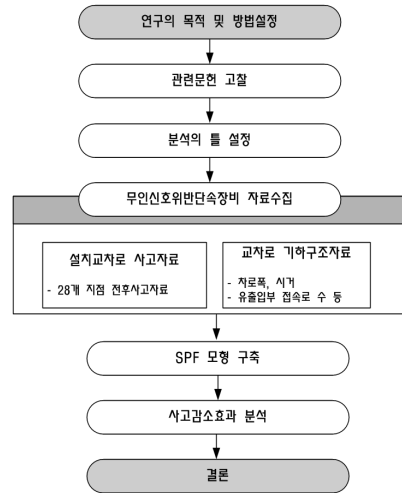
우리나라에서는 과속, 신호 및 차로이용방법 위반을 동시에 단속할 수 있는 무인신호위반단속장비(RLC: red light camera)는 2000년 수도권지역에 20대가 처음 설치·운영된 후, 2006년까지 총 608대가 운영되고 있다. RLC는 과속 및 신호위반 등을 단속할 수 있도록 주 카메라부, 보조 카메라부 및 제어기로 이루어진 지역제어기이다. 신호위반 차량을 단속하는 RLC는 현재 신호위반과 속도위반만을 단속하고 있으며, 신호등이 설치된 교차로와 횡단보도에 설치되어 있다[1].

RLC의 설치 후 효과분석은 도로교통공단(사고찾은곳 개선사업 업무편람)에서 설치 당해연도를 제외한 설치 후 1년 자료를 바탕으로 실시하고 있기 때문에, RLC 설치에 따른 연도별 교차로 사고유형의 변화 및 연도별 사고변화에 대한 분석이 부족한 실정이다.

따라서, 이 연구는 충청도내 RLC가 설치된 교차로에 대하여 경험적 베이즈(EB: empirical Bayes) 방법을 통해 설치 후 연도별 사고감소효과를 분석하는데 목적이 있다.

2. 연구내용 및 방법

본 연구는 충청도내 RLC가 설치된 지점에 대한 2000년부터 2007년까지의 교통사고자료(도로교통공단)와 교차로에 교통사고를 예방 및 단속하기 위해



<그림 1> 연구의 수행과정
<Fig 1> Flow chart of this study

2003년부터 2007년까지 설치·운영되는 있는 28개소 RLC의 단속자료를 수집하였다.

본 연구의 수행절차는 다음과 같다.

제1단계는 관련문헌 고찰로서 RLC와 관련된 연구 논문 및 분석방법론을 검토하여 연구의 방향을 설정한다.

제2단계는 충청도내에서 2000년에서 2007년까지 설치·운영되고 있는 28대 중 설치 전 1년 및 설치 후 3년 동안의 사고자료를 수집할 수 있는 20개 지점의 자료를 수집하였다.

제3단계는 분석틀의 설정단계로 조사된 자료를 바탕으로 통계패키지 Limdep을 이용하여 안전성과 함수(SPF: safety performance function)를 구축한다.

제4단계는 RLC 설치에 따른 연도별 사고감소효과를 EB 방법으로 분석한다.

마지막 단계에서는 결론을 정리하고 향후 연구과제를 제시한다.

II. 국내·외 연구동향

1. 국외연구

Hauer, E 등(2002)은 사고자료가 2~3년으로 한정

되었을 때 안전도의 정확한 측정과 평균으로의 회귀 문제를 해결하기 위해 EB방법을 제시하였고, SPF모형 구축과 가중치 적용을 통한 도로의 안전성 평가를 시행하였다[2].

Fang, Clara Fang 등(2009)는 도시 도로시스템을 위한 교통정온화 기법의 안전성평가하였다. 그 결과 도로 다이어트 전·후의 안전성을 EB방법을 이용하여 분석하고 있다[3].

Shin, Kangwon 등(2007)은 미국 아리조나 주의 무인 신호위반 단속 장비의 안정성 파급효과를 EB방법을 통해 분석하고 있다. 그 결과 직각사고가 감소하였고, 후미추돌사고는 증가하는 것으로 분석하였다[4].

Maccubbin 등(2001)은 RLC 설치 후 미국에서 전반적으로 20~87%의 신호 위반률이 감소되었고, 절반이상의 지역에서 40~62%의 감소가 있었다고 분석하였다. 이는 오스트레일리아, 싱가포르, 캐나다 그리고 영국에서도 비슷한 상황으로 설명하고 있다[5].

Ruby and Hobeika(2003)의 연구에 의하면, 위반율이 초기 3개월동안은 36%, 6개월 후에는 69%의 감소가 나타났고, 시민들의 단속장비설치 지지율이 설치 전 75%에서 설치 1년 후에는 84%까지 상승하였다고 주장하였다[6].

2. 국내연구

도로교통공단(2004)의 연구에서는 신호위반단속시스템 설치전·후 교통사고를 분석한 결과, 서울, 경기 및 인천지역의 조사대상 20개 지점에서 시스템 설치 전 연평균 교통사고발생건수는 447.0건, 사망사고 2.5명으로 교통사고건수는 21.7%, 그리고 사망사고는 28.6% 감소하는 것으로 분석되었다[7].

김명석(2006)은 서울시 RLC가 설치된 60개 지점 중 24개 지점의 설치 전·후 1년간의 교통사고자료와 설치 후 1년간의 단속자료를 수집하였다. 그는 단속시스템 설치 후 전체 교통사고발생건수가 15.9% 감소한 것으로 분석하였다[8].

곽영훈(2006)은 서울시 교통사고 잦은 곳 5개소를

대상으로 개선사업의 효과도를 EB 방법을 통해 분석하였다. 독립변수로 교통량을 채택하여 기대사고건수 예측모형인 안전성과함수(SPF)를 구축하였고, 사고모형은 포아송과 음이항모형 중 적정성을 평가하여 통계적으로 유의한 포아송모형을 적용하였다[9].

박규영(2006)은 도로안전개선사업의 공간적 범위에 따른 도로안전시설물의 효과도 비교에 관한 논문에서 시설물 효과의 분석방법론으로 EB방법을 사용하였다[10].

3. 연구의 차별성

이 연구의 차별성은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서는 RLC의 충청북도 내 20개 지점의 설치 전 1년, 설치 후 3년 동안의 자료를 구축하여 기존의 연구보다 통계적으로 유의한 결과를 제시하고자 한다. 둘째, 기존의 연구는 설치 전·후 1년 자료를 비교하고 있지만, 이 연구는 설치 후 3년까지 연도별 사고감소 효과를 분석하여 RLC의 연도별 효율성을 검토하는데 연구의 차별성이 있다.

III. 분석틀의 설정

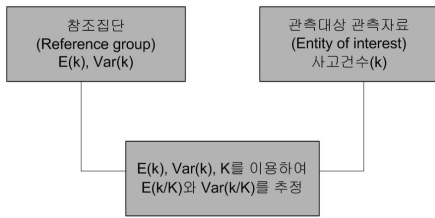
1. 사고감소효과 분석방법

EB 방법은 한쌍비교방법, 비교그룹방법과는 달리 비교그룹의 사고건수 자료가 필요없다. 대신 참조집단을 대상으로 구축한 SPF를 이용하여 기대사고건수를 추정하고, 이를 실제 개선된 지점의 관측사고건수와 비교하여 개선 효과도를 산정하는 방법이다. 모형구축이 복잡하고, 많은 자료가 필요하다.

본 연구에서는 RLC 설치 후 연도별 사고감소효과 분석을 위해 EB방법을 이용한다.

1) EB방법 개요

EB 방법의 기본개념은 어느 지점의 사전사고 건수를 참조집단의 SPF를 통한 관측사고건수와 가장 평균하여 산정하고, 이를 개선사업이 이루어지고 난



〈그림 2〉 EB방법 기초개념
 <Fig 2> Basic concept of EB method

후의 사고건수와 비교하여 효과도를 산정하는 것이다.[2]

EB방법의 가장 큰 장점은 평균으로의 회귀문제를 제거하여, 보다 적합한 시설물(개선사업)의 효과도를 산출할 수 있다는 것이다.

2. EB의 분석과정

우선 참조집단을 이용하여 SPF를 구축한다. SPF란 참조집단의 예측사고건수(E(k))를 나타내는 함수로 교통량 등 사고에 영향을 미치는 도로 및 교통환경 특성을 설명변수로 하여 구축할 수 있다.

사고모형 중 포아송 분포는 평균과 분산이 같다는 특성이 있다. 그런데 실제 사고자료를 분석하여 보면 분산과 평균이 다르게 나타나는 경우가 있는데,

이 때 서로 다른 정도를 파악하기 위해 개발된 개념이 과분산계수(over-dispersion parameter : α)라 한다. 이 과분산계수는 포아송모형과 음이항모형을 선택하는 기준이 되며, 과분산계수의 z값이 1.96보다 작을 경우 포아송모형이 채택되고 1.96보다 클 경우에는 음이항 모형이 채택된다. SPF를 이용하여 E(k)를 추정 후, E(k)와 α 를 이용하여 가중치를 산정한다. 여기서 가중치는 과분산계수가 커질수록 가중치가 커져 기대사고에 가중되는 값을 의미한다.

$$\omega = \frac{1}{(1 + E(k)/\alpha)} \quad (1)$$

여기서, ω 는 가중치, E(k)는 SPF의 예측사고건수이며, α 는 과분산계수이다.

가중치 산정 후, 기대사고건수($\pi = E(k/K)$)를 아래 식과 같이 추정한다.

$$\pi = E(\kappa/K) = \omega E(\kappa) + (1 - \omega)K \quad (2)$$

여기서, K는 실제사고건수이다.

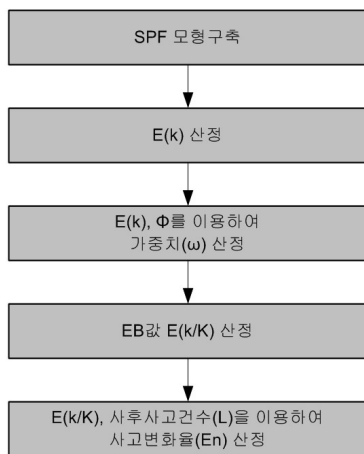
다음 단계는 오즈비(Odds Ratio : θ)를 구하고, 사고감소율(E_n)을 산정한다.

$$\theta = \frac{\sum L_i}{\sum E(\kappa/K)} \quad (3)$$

여기서, $\theta < 1$ 이면 사고건수 감소, $\theta > 1$ 이면 사고건수 증가, 그리고 L_i 는 사후사고건수를 나타낸다.

$$E_n = 100(\theta - 1) \quad (4)$$

마지막으로, 산출된 효과도를 구간(range)으로 표



〈그림 3〉 EB방법 분석과정
 <Fig 3> Analysis process of EB method

〈표 1〉 EB방법 분석자료 예시
 <Table 1> Example of analysis data for EB method

지점 번호	개선된 지점		기대 사고건수	사고감소효과	
	사전 사고건수	사후 사고건수		Odds Ratio	감소율
1	K_1	L_1	π_1	θ_1	E_1
2	K_2	L_2	π_2	θ_2	E_2
:	:	:	:	:	:
i	K_i	L_i	π_i	θ_i	E_i
:	:	:	:	:	:
n	K_n	L_n	π_n	θ_n	E_n

현하기 위하여 E 값의 신뢰구간(95%)을 산정한다. 즉, 이것은 사고변화율이 아래 구간 안에 있을 가능성이 95%라는 것을 의미한다.

$$(\bar{E}-1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{\eta}}, \bar{E}+1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{\eta}}) \quad (5)$$

여기서, \bar{E} 는 전체지점 사고변화율의 평균값, σ 는 전체지점 사고변화율의 표준편차, 그리고 η 는 지점수이다.

IV. 분석자료 정리

1. RLC 설치지점별 사고자료

교통사고 및 관련변수 자료의 수집은 크게 세 가

<표 2> 교차로 자료수집
<Table 2> Collected Data of intersection

자료 명	정 의	평 균
1. 일평균교통량(ADT) (대/일)	일평균 교통량	54,185
2. 교차로 면적(m ²)	횡단보도 포함한 면적	2,222
3. 주·직진차로수(개)	주도로 평균 직진차로수	4.93
4. 부·직진차로수(개)	부도로 평균 직진차로수	3.82
5. 좌회전전용차로수 (개소)	전체 좌회전 허용 접근로 수	3.14
6. 최대종단경사(%)	최대 종단경사도	-1.27
7. 교차각(°)	접근로의 교차각	78.86
8. 주·인접교차로 거리(m)	주도로의 교차로에 가장 인접한 교차로까지 거리	292.76
9. 부·인접교차로 거리(m)	부도로의 교차로에 가장 인접한 교차로까지 거리	202
10. 유입부 정류장 수 (개소)	전체 유입부 정류장 수 (75m이내)	0.29
11. 유출부 정류장 수 (개소)	전체 유출부 정류장 수 (75m이내)	0.46
12. 유입부 연결로 수 (개소)	전체 유입부에 접속된 연결로 수(75m 이내)	0.36
13. 유출부 연결로 수 (개소)	전체 유출부에 접속된 연결로 수(75m 이내)	0.5
14. 주·황색시간(초)	주도로 황색시간	3.93
15. 부·황색시간(초)	부도로 황색시간	3.89
16. 신호현시수(현시)	신호운영 현시수	4.39

지로 구분할 수 있다. 먼저 교통사고자료는 2000~2007년까지 도로교통공단의 사고 통계자료를 이용하여, RLC가 설치된 충청북도 내 4지 신호교차로 내에서 발생한 20개 지점에 대한 5년간의 사고 자료를 수집하였다. 수집된 사고자료는 RLC 설치에 따른 변화를 분석할 수 있는 교차로 사고자료이며, 교차로 주변의 단일로 사고는 제외하였다. 둘째, RLC의 단속자료는 충북도내 2000년부터 2007년까지의 4지 신호교차로의 RLC 설치 자료를 수집하였다. 마지막으로 교통량, 교통운영 및 기하구조 자료는 현장조사를 통해 추가하였다. 수집된 자료는 아래 표와 같다.

RLC 설치 전·후 연도별 사고를 분석하기 위해 설치당해년도 사고자료를 제외하고, RLC가 설치시

<표 3> 장비 설치 전후 사고건수
<Table 3> Number of accident before and after the installation of RLC

구분	설치 전 1년	설치 후 1년	설치 후 2년	설치 후 3년
1	31	13	24	24
2	12	10	2	10
3	23	20	11	26
4	32	31	24	28
5	24	25	23	16
6	13	9	9	11
7	11	5	5	1
8	15	18	11	17
9	18	12	7	12
10	8	10	9	9
11	5	0	0	2
12	17	8	7	16
13	12	5	4	3
14	8	5	3	0
15	5	7	9	4
16	29	33	27	31
17	3	5	5	2
18	5	3	5	6
19	4	4	5	6
20	18	4	7	10
합계	293	227	197	234

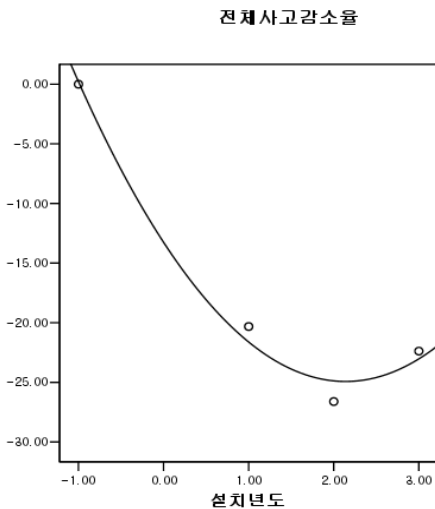
점이 지점별로 다양하여 조사자료 설치 전 1년, 설치 후 3년 동안의 자료를 사용하였다.

이 연구의 연도별 사고건수 현황은 <표 3>과 같다. 설치 전 1년 사고건수는 293건, 설치 후 1년 자료는 227건, 설치 후 2년 자료는 197건 마지막으로 설치 후 3년 자료는 234건으로 RLC 설치 후 사고가 설치 전에 비해 감소하는 것으로 나타났으며, 설치 후 3년에 설치 전보다는 감소했지만, 설치 후 1~2년 보다는 증가하는 것으로 나타났다.

2. 연도별 사고감소율

RLC가 설치된 20개 지점의 설치 전 1년, 설치 후 1~3년간의 교통사고 자료의 사고감소율을 분석한 결과, 설치 전 1년과 비교하여 설치 후 2년에 26.61%의 가장 큰 사고 감소가 있었다. 설치 후 3년에는 설치 후 1~2년에 비해 사고감소폭이 작은 것으로 분석되었다.

<그림 4>는 RLC 설치 후 사고감소율 변화 그래프이다. 그림을 살펴보면 장비설치 3년 후에는 사고가 설치 전보다 적으나, 다시 사고가 증가하는 추세인 것으로 나타났다.



<그림 4> RLC 설치 후 사고감소율
<Fig 4> Accident reduction rate after the installation of RLC

V. 사고감소 효과분석

1. SPF 구축

1) 설치 전 사고모형 구축

SPF는 통계패키지 Limdep 7.0을 이용하여 사고건수를 종속변수로 하여 모형을 구축하였다. 그 결과는 <표 4>과 같다. SPF에 개발을 위해 사용된 16개 독립변수 중 사고를 가장 잘 설명하기 위해 3개의 독립변수가 모형에 채택되었다. 모형에 채택된 전체 교통량 변수는 해당 교차로의 각 방향별 교통량의 합, 교차로면적 변수는 각 방향별 정지선 내에 포함되는 면적이고, 좌회전 전용차로수 변수는 교차로의 좌회전 전용차로의 합계를 의미한다.

교차로 전체교통량, 교차로면적 및 좌회전 전용차로수가 최종모형의 독립변수로 채택되었고, 이 변수들의 z값은 신뢰수준 95%($\alpha=0.05$) 기준에 유의한 것

<표 4> SPF의 개발
<Table 4> Development of SPF

변 수	모형		
	포아송 회귀모형	음이항 회귀모형	
상수	계수	0.97227944	0.95746740
	표준오차	0.25814555	0.27975788
	z값	0.0002	0.0006
전체교통량	계수	0.102709D-04	0.102891D-04
	표준오차	0.271866D-05	0.292037D-05
	z값	0.0002	0.0004
교차로면적	계수	0.00027745	0.00027510
	표준오차	.00012782	0.00013628
	z값	0.0300	0.0435
좌회전 전용차로수	계수	0.12696696	0.13260680
	표준오차	0.06214409	0.06935897
	z값	0.0410	0.0559
R_D^2	0.7730	-	
R_P^2	0.7672	-	
Alpha(α) (z값)	-	0.00847646 (0.7555)	
ρ^2	0.4339	0.0010	

으로 분석된다. 각 모형의 계수 값은 확률분포의 우도함수의 모수를 최대화함으로써 얻어진 결과 값으로 모형의 적합성을 나타낸다. 교통사고건수에 대해 포아송 회귀모형과 음이항 회귀모형을 이용하여 도출된 우도비(ρ^2)는 각각 0.4339, 0.0010이며, 과분산계수(α) 값이 0.00847646이고, z값이 0.7555로 1.96보다 작아 음이항 회귀모형보다는 포아송 회귀모형이 적합한 것으로 분석된다.

2. 사고감소효과분석

1) 설치 후 1년

SPF를 이용하여 추정된 기대 사고건수와 설치 후 실제 사고건수의 오즈비(odds ratio)를 이용하여 사고

<표 5> 설치 1년 후 EB방법의 분석 결과
<Table 5> The result of EB method analyses after 1 year

구분	사고건수		예측 사고건수 (E(k))	가중치 (ω)	기대 사고건수 (π)	사고감소효과	
	설치 전	설치 후				odds ratio (θ)	변화율
1	31	13	37.65	0.004	31.03	0.42	-58.10
2	12	10	9.24	0.016	11.96	0.84	-16.36
3	23	20	16.92	0.009	22.95	0.87	-12.84
4	32	31	26.81	0.005	31.97	0.97	-3.04
5	24	25	24.84	0.006	24.00	1.04	4.15
6	13	9	18.77	0.008	13.05	0.69	-31.01
7	11	5	11.97	0.012	11.01	0.45	-54.59
8	15	18	16.63	0.009	15.01	1.20	19.89
9	18	12	12.31	0.012	17.93	0.67	-33.08
10	8	10	9.64	0.015	8.02	1.25	24.61
11	5	0	4.23	0.034	4.97	0.00	-100.00
12	17	8	16.04	0.009	16.99	0.47	-52.92
13	12	5	12.27	0.012	12.00	0.42	-58.34
14	8	5	7.36	0.020	7.99	0.63	-37.40
15	5	7	10.12	0.014	5.07	1.38	37.97
16	29	33	27.20	0.005	28.99	1.14	13.83
17	3	5	6.47	0.022	3.08	1.62	62.47
18	5	3	7.58	0.019	5.05	0.59	-40.59
19	4	4	7.88	0.018	4.07	0.98	-1.75
20	18	4	9.43	0.015	17.87	0.22	-77.61

감소효과(θ =사후사고건수/기대사고건수)를 산정하였다. <표 5>는 효과분석을 위한 기대사고건수와 실제 사고건수의 비를 정리한 내용이다. 설치 후 1년 사고감소 지점이 14개, 증가지점이 6개 지점으로 분석되었다. 전체적인 사고감소효과는 95% 신뢰수준에서 RLC를 설치할 경우 적게는 2.73%, 많게는 38.75% 범위 내에서 감소효과를 나타낸 것으로 분석된다.

2) 설치 후 2년

설치 후 2년 실제 사고건수의 오즈비를 이용하여 사고감소효과(θ =사후사고건수/기대사고건수)를 산정하였다. <표 6>은 설치 후 1년 분석과 동일한 방법을 이용하여 분석한 내용으로, 전체적인 사고감소효과는 95% 신뢰수준에서 RLC를 설치할 경우 적게는

<표 6> 설치 2년 후 EB방법의 분석 결과
<Table 6> The result of EB method analyses after 2 year

구분	사고건수		예측 사고건수 (E(k))	가중치 (ω)	기대 사고건수 (π)	사고감소효과	
	설치 전	설치 후				odds ratio (θ)	변화율
1	31	24	37.65	0.004	31.03	0.77	-22.65
2	12	2	9.24	0.016	11.96	0.17	-83.27
3	23	11	16.92	0.009	22.95	0.48	-52.06
4	32	24	26.81	0.005	31.97	0.75	-24.93
5	24	23	24.84	0.006	24.00	0.96	-4.19
6	13	9	18.77	0.008	13.05	0.69	-31.01
7	11	5	11.97	0.012	11.01	0.45	-54.59
8	15	11	16.63	0.009	15.01	0.73	-26.74
9	18	7	12.31	0.012	17.93	0.39	-60.96
10	8	9	9.64	0.015	8.02	1.12	12.15
11	5	0	4.23	0.034	4.97	0.00	-100.00
12	17	7	16.04	0.009	16.99	0.41	-58.80
13	12	4	12.27	0.012	12.00	0.33	-66.68
14	8	3	7.36	0.020	7.99	0.38	-62.44
15	5	9	10.12	0.014	5.07	1.77	77.39
16	29	27	27.20	0.005	28.99	0.93	-6.87
17	3	5	6.47	0.022	3.08	1.62	62.47
18	5	5	7.58	0.019	5.05	0.99	-0.98
19	4	5	7.88	0.018	4.07	1.23	22.81
20	18	7	9.43	0.015	17.87	0.39	-60.82

<표 7> 설치 3년 후 EB방법의 분석 결과
 <Table 7> The result of EB method analyses after 3 year

구분	사고건수		예측 사고 건수 (E(k))	가중치 (ω)	기대 사고 건수 (π)	사고감소효과	
	설치 전	설치 후				odds ratio (θ)	변화율
1	31	24	37.65	0.004	31.03	0.77	-22.65
2	12	10	9.24	0.016	11.96	0.84	-16.36
3	23	26	16.92	0.009	22.95	1.13	13.30
4	32	28	26.81	0.005	31.97	0.88	-12.42
5	24	16	24.84	0.006	24.00	0.67	-33.35
6	13	11	18.77	0.008	13.05	0.84	-15.68
7	11	1	11.97	0.012	11.01	0.09	-90.92
8	15	17	16.63	0.009	15.01	1.13	13.23
9	18	12	12.31	0.012	17.93	0.67	-33.08
10	8	9	9.64	0.015	8.02	1.12	12.15
11	5	2	4.23	0.034	4.97	0.40	-59.79
12	17	16	16.04	0.009	16.99	0.94	-5.83
13	12	3	12.27	0.012	12.00	0.25	-75.01
14	8	0	7.36	0.020	7.99	0.00	-100.00
15	5	4	10.12	0.014	5.07	0.79	-21.16
16	29	31	27.20	0.005	28.99	1.07	6.93
17	3	2	6.47	0.022	3.08	0.65	-35.01
18	5	6	7.58	0.019	5.05	1.19	18.83
19	4	6	7.88	0.018	4.07	1.47	47.37
20	18	10	9.43	0.015	17.87	0.56	-44.03

6.85%, 많게는 47.36% 범위 내에서 감소효과를 나타낸 것으로 분석된다.

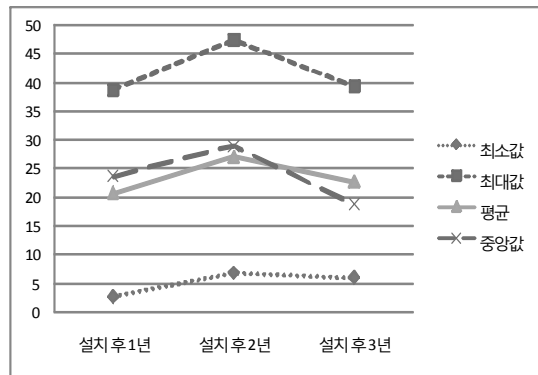
3) 설치 후 3년

<표 7>은 설치 후 3년 분석결과로, 전체적인 사고 감소효과는 95% 신뢰수준에서 RLC를 설치할 경우 적게는 6.04%, 많게는 39.31% 범위 내에서 감소효과를 나타낸 것으로 분석된다. 설치 후 2년에 비해 사고 감소효과가 오히려 줄어드는 현상이 발생하고 있다.

<표 8>은 설치 후 연도별 사고감소효과 변화에 대한 내용을 정리하고 있다. RLC 설치 전에 비해 설치 후에는 사고감소추세가 이어지고 있다. RLC 설치 후 3년까지도 사고감소효과가 있는 것으로 판단된

<표 8> RLC 설치에 따른 3년간 사고감소효과
 <Table 8> Traffic accident reduction during 3 years by the installation of RLC

구분	설치 후 1년	설치 후 2년	설치 후 3년
최소값	2.73	6.85	6.04
최대값	38.75	47.36	39.31
평균	20.74	27.11	22.67
중앙값	23.69	28.88	18.76



<그림 5> EB방법을 이용한 설치 후 3년간 사고감소효과
 <Fig 5> Traffic accident reduction during 3 years by the installation of RLC using EB method

다. 그러나 설치 후 3년이 지나 감에 따라 사고가 다시 증가하고 있으므로, 이에 대한 장기간의 검토가 요구된다.

VI. 결 론

본 연구는 RLC 설치에 따른 연도별 교통사고감소 효과를 EB방법을 이용하여 분석하였다. 이 논문의 주요결과는 다음과 같다.

첫째, RLC가 설치된 충북도내 20개 교차지점의 사고유형별 SPF를 구축하였다. 독립변수의 신뢰수준 95%($\alpha=0.10$) 기준에서 통계적으로 매우 유의하며, 우도비(ρ^2)가 0.4339인 포아송 회귀모형이 개발되었다.

둘째, 설치 후 1~3년간 사고감소효과를 분석한 결과, 전체적인 사고감소효과는 95% 신뢰수준에서 설치 후 1년은 2.73~38.75%, 2년은 6.85~47.36%, 그리

고 3년은 6.04~39.31%의 감소효과가 있는 것으로 분석되었다.

설치 후 3년에도 RLC 설치에 따른 감소효과는 있는 것으로 분석되었지만, 설치 후 2년에 비해 사고가 증가하고 있어 장비 설치 전·후에 따른 장기간의 검토가 요구된다. 따라서, 무인신호위반단속장비의 지속가능한 운영을 위해서는 도로교통공단에서 시행하는 효과분석이 다년간 시행되어야 할 것으로 것으로 판단된다.

이 연구의 한계점은 RLC의 효과에 대하여 연도별로 분석하고 있지만, 장기간의 연구가 진행되지 못한 점이다. 향후 자료가 확보되면 RLC설치 후 장기간의 사고감소효과를 분석할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 김형준, “무인신호위반단속장비 설치에 따른 교통사고분석 및 모형개발”, 충북대학교 도시공학과 석사학위논문, 2009. 2.
- [2] E. Hauer, et. al, *The Empirical Bayes Method for Estimating safety: A Tutorial*, TRR 1784, Washing D.C, Jan. 2002.
- [3] F. C. Fang., J. H. Rimiller, and N. O. Habesch, “A simplified Empirical Bayesian method to safety evaluation of traffic calming treatment for urban road systems”, *Int. J. Intelligent Systems Technologies and Applications*, vol. 6, no. 3/4, 2009.
- [4] K. W. Shin and W. T. Simon, “The impact of red light cameras on safety in Arizona”, *Accident Analysis & Prevention*, vol. 39, no. 6, pp. 1212-1221, Jan. 2007.
- [5] R. P. Maccubbin, B. L. Staples, and A. E. Salwin, “Automated enforcement of traffic signals : A Literature Review,” *Federal Highway*, vol. 129, pp. 648-656, Nov./Dec. 2003.
- [6] D. E. Ruby and A. G. Hobeika, “Assessment of red light running cameras in Fairfax County, Virginia,” *Transportation Quarterly*, vol. 57, no. 3, pp. 33-48, Jan. 2003.
- [7] 도로교통공단, *신호위반 단속시스템 운영에 따른 교차로 교통사고 유형분석연구*, 2004. 12.
- [8] 김명석, *무인다가능단속시스템 설치 전·후 교차로 교통사고 발생특성에 관한 연구*, 서울산업대학교대학원 석사논문, 2007. 8.
- [9] 광영훈, *Empirical Bayes Method를 이용한 사고 잦은 지점 사전·사후 개선효과 분석에 관한 연구*, 한양대학교 도시대학원 석사논문, 2006. 2.
- [10] 박규영, “도로안전사업의 공간적 범위에 따른 도로안전시설물의 효과도 비교,” *대한교통학회지*, 제24권 제4호, pp. 31~42, 2006. 6.

저자소개



김 태 영 (Kim, Tae-Young)

2005년 2월 : 충북대학교 도시공학과 (공학사)

2005년 3월 ~ 2007년 2월 : 충북대학교 도시공학과 도시시스템 및 교통공학 (공학석사)

2007년 3월 ~ 2009년 2월 : 충북대학교 도시공학과 도시시스템 및 교통공학 박사과정 수료



박 병 호 (Park, Byung-Ho)

1976년 7월 ~ 1981년 6월 : KAIST/RDRI 연구원

1981년 6월 ~ 1983년 8월 : 국토연구원 연구원

1987년 5월 : 미국 펜실베이니아대학 도시 및 지역계획학 박사

1987년 7월 ~ 1990년 2월 : 한국교통연구원 철도항공연구실장

2002년 4월 ~ 2003년 1월 : 충북대학교 교육연구처장

1990년 2월 ~ : 충북대학교 도시공학과 교수