

## 무인신호위반단속장비 설치에 따른 사고감소효과 예측

### Prediction on the Accident Reduction Effects of the Red Light Cameras Installation

김태영 Kim, Tae Young  
백태현 Beak, Tae Hun  
박병호 Park, Byung Ho

정회원 · 포항공과대학교 산학협력연구소 전임연구원 (E-mail: sunmoonwind@postech.ac.kr)  
정회원 · 충북대학교 환경 · 도시공학과 석사과정 (E-mail: simsimback@naver.com)  
정회원 · 충북대학교 도시공학과 교수 · 교신저자 (E-mail: bhpark@chungbuk.ac.kr)

#### ABSTRACT

**PURPOSES :** This study deals with the effects on the installation of RLC(Red Light Camera). The objective is to analyze the effects of accident reduction after the installation of RLC.

**METHODS :** In pursuing the above, the study uses the 703 accident data occurred at the 64 intersections which RLC are installed or not installed.

**RESULTS :** The main results are as follows. First, Poisson RLC accident model developed in this study is analyzed to be statistically significant. Second, using the above developed model, 33 intersections among 40 intersections are predicted to have the decreasing effects of accidents after the installation of RLC. Finally, the reduction effects are analyzed to be affected by ADT and the number of left-turn lane.

**CONCLUSIONS :** This study is expected to improve the efficiency of RLC and to help in decision-making of RLC installation.

#### Keywords

*red light camera, intersection, accident reduction effects, accident model*

Corresponding Author : Park, Byung Ho, Professor  
Department of Urban Engineering, Chungbuk National University,  
52 Naesudong-ro, Heungdeok-gu, Chungju, Chungbuk, 361-763, Korea  
Tel : +82.43.261.2496  
email : bhpark@chungbuk.ac.kr

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

## 1. 서론

### 1.1. 연구 배경 및 목적

교통사고는 인적, 차량 및 환경적 요인이 복합적으로 작용하여 발생한다. 그 중에서도 인적요인인 신호위반은 교통사고의 주된 요인이 되고 있다. 그 예방책으로 지금까지 경찰에 의한 단속이 실시되어왔다. 그러나 이것은 24시간 상시 단속이 불가능하고, 단속자의 위험 노출과 단속여부에 대한 시비가 발생함에 따라 무인교통단속시스템이 도입되었다.

우리나라에서는 과속, 신호 및 차로이용방법 위반을

동시에 단속할 수 있는 무인신호위반단속장비(RLC: red light camera)를 2000년 수도권지역에 20대가 처음 설치·운영된 후, 2006년까지 총 608대가 운영되고 있다.

RLC의 설치 및 운영에 막대한 비용이 소요되지만, 단속장비의 설치에 따른 교차로 사고유형의 변화 및 교통사고 원인 분석이 부족한 실정이다. 이런 이유로 단순히 교차로 사고가 많이 발생하는 지점을 선정하여 단속장비를 설치하고 있는 실정이다. 하지만 이런 방식의 RLC 설치에 따른 사고 감소에 얼마나 효과가 있는지에 대한

검증이 이루어지지 않은 상태의 지점 선정으로 예산의 낭비를 초래할 가능성을 내포하고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 첫째, 충북도내 RLC가 설치된 교차로에 대하여 설치에 따른 사고모형을 개발하고, 둘째, 사고모형을 통하여 RLC 미설치 교차로에 단속장비를 설치할 경우 사고감소효과를 예측하고, 셋째, 단속장비에 의한 사고감소효과에 영향을 미치는 요인을 찾는 데 있다.

## 1.2. 연구의 내용 및 방법

### 1.2.1. 연구 내용

이 연구는 충북도내 RLC가 설치된 지점에 대한 2000년부터 2007년까지의 교차로에 교통사고를 예방 및 단속하기 위해 설치·운영되고 있는 24개소 RLC의 단속자료 및 미설치 교차로 사고 자료를 수집하였다. 연구의 수행절차는 다음과 같다.

제1단계는 관련문헌 고찰로서 RLC와 관련된 연구논문 및 문헌을 검토하고, 모형개발과 관련된 선행연구의 고찰을 통해 연구의 방향을 설정한다.

제2단계는 충북도내에서 2003년에서 2007년까지 설치·운영되고 있는 24대의 RLC를 대상으로 설치 후 사고현황과 사고 기술통계 분석 단계로, 설치 및 미설치 교차로의 사고를 기초 분석하는 단계이다.

제3단계는 사고모형 개발단계로 조사된 자료를 바탕으로 RLC 설치 교차로의 비선형회귀모형을 개발하는 단계이다.

제4단계는 RLC 설치 후의 교통사고 변화에 대한 예측이 가능하도록 설치 교차로의 사고모형을 통해 미설

치교차로의 사고를 예측하는 단계이다. 통계 분석은 SPSS 12.0 및 Limdep을 이용하여 비선형 회귀모형을 구축한다.

마지막 단계는 결론을 정리하고 본 연구에서 미진하게 검토된 사항들과 향후 연구 과제를 제시한다.

## 2. 관련문헌 고찰

### 2.1. 국내·외 연구동향

Shin 및 Washington(2007)은 미국 아리조나주의 RLC의 안정성 파급효과를 EB방법(Empirical Bayes)<sup>1)</sup>을 통해 분석하고 있다. 그 결과 RLC의 설치 후에는 직각사고가 감소하였고, 후미추돌사고는 증가하는 것으로 분석되었다.

Maccubbin 등(2001)은 RLC 설치 후 미국에서 전반적으로 20~87%의 신호 위반율이 감소되었고, 절반이상의 지역에서 40%~62%의 감소가 있었다고 분석하였다. 이는 오스트레일리아, 싱가포르, 캐나다 그리고 영국에서도 상황은 비슷하다고 설명하고 있다.

Retting 등(1999)은 캘리포니아에서 40%의 단속건수 감소가 있었으며, RLC가 설치되지 않은 인접한 신호교차로에서도 위반율의 감소효과가 있는 것으로 분석하였다.

Ruby 및 Hobeika(2003)의 연구에 의하면, 위반율이 초기 3개월 동안 36%, 6개월 후에는 69%의 감소가 나타났고, 시민들의 RLC 설치 지지율이 설치 전 75%에서 설치 1년 후에는 84%까지 상승한 것으로 분석하였다.

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

김명석(2006)은 서울시에 RLC가 설치된 60개 지점 중 24개 지점의 설치 전·후 1년간의 교통사고자료와 설치 후 1년간의 단속자료를 분석하였다. 단속시스템의 설치 후 전체 교통사고발생건수는 15.9%로 감소하였고, 사망자 수는 변화가 없었으나, 중상자 수 16.3%, 경상자 수는 14.9% 감소한 것으로 분석하였다.

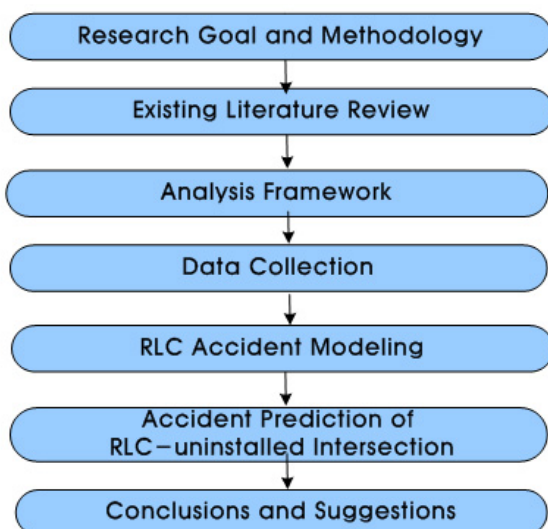


Fig. 1 Flowchart of This Study

1) EB 방법은 참조집단의 SPF 함수를 이용하여 회귀편의(regression to the mean : RTM)을 제거한 방법이다.

김상엽 등(2011)은 수도권 30개 지점을 대상으로 신호위반 단속시스템 설치에 따른 교통사고 감소효과를 분석하였다. 또한 교통사고 절감편익을 예측하여 신호위반 단속시스템 설치에 따른 경제적 효과를 제시하였다.

김기혁 등(2010)은 대구시의 무인 단속시스템의 자료를 기초로 하여 신호위반 단속 건수에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 분석은 신경망 모형을 통하여 이루어졌으며, 그 결과 신호위반 단속건수에 영향을 미치는 주요 변수로 교차로간 거리, 연동계수(PF), 중단선형 등이 선정되었다.

## 2.2. 연구의 차별성

RLC의 국외 연구에서는 EB방법 등을 이용하여 사고 모형 구축을 통한 설치 전·후의 사고감소효과에 대해 체계적이고 논리적이게 분석을 전개하고 있다. 반면에 국내 연구에서는 설치 전·후 단순비교분석만을 실시하고 있으며, 사고발생 시 요인들에 대한 통계적인 분석 결과가 제시되지 못하고 있다.

따라서 이 연구는 국내 RLC의 설치 전·후 사고모형을 개발하고, 이를 이용하여 RLC 미설치 교차로 지점에 RLC 설치에 따른 사고감소를 예측해보며, 이러한 결과를 통해 RLC 설치 후보지점을 찾는 데 그 차이점이 있다.

## 3. 사고자료 수집 및 기술통계 분석

### 3.1. 교차로 자료 수집

교통사고 및 관련변수 자료의 수집은 크게 세 가지로 구분할 수 있다. 먼저 교통사고자료는 2000년부터 2007년까지 도로교통공단의 교통사고 잦은 곳 사고자료와 교통사고통계자료를 이용하였다. RLC가 설치된 충청도내 24개 지점에 대한 사고자료 및 RLC 미설치 교차로 24개 지점의 사고자료를 수집하였다. 둘째, RLC 설치 및 미설치 교차로의 교통자료를 수집하였다. 셋째, 교통운영 및 기하구조 자료는 현장조사를 통해 수집하였다.

RLC 설치 교차로의 교통사고자료는 2000년부터 2007년까지 도로교통공단의 교통사고 잦은 곳 사고자료와 교통사고통계자료를 이용하여 정리하였다. 충청도내 2003년부터 2007년까지 RLC 설치·운영 중인 41개소에서 설치 후 자료수집이 가능한 24개 지점을 분석

대상으로 선정하였다. RLC 연도별 운영현황은 Table 1과 같다.<sup>2)</sup>

Table 1. Operational Conditions of RLC in Chungbuk by Year

Classification	2003	2004	2005	2006	2007
Total number of operating RLC in Chungbuk	14	18	27	33	41
The target points					
Classification	2003	2004	2005	2006	2007
Number of New installation	12	6	4	6	-
Cumulative Number	12	18	22	24	24

### 3.2. 기술통계 분석

보다 높은 차원의 통계분석을 실시하기 전에 자료의 검정과 더불어 주어진 자료의 특성을 파악하기 위하여 자료를 적절히 요약할 필요가 있다. 주어진 정보의 손실을 최대한 줄이면서 가장 효과적으로 요약할 수 있는 분석방법이 기술통계이다.

RLC 설치 교차로의 기술통계 결과는 Table 2와 같다. 평균 사고건수는 12.83건, 교통량 평균은 58,362대, 교차로의 크기를 판단할 수 있는 교차로 면적은 2,306.95m<sup>2</sup>로 분석된다.

Table 2. Descriptive Statistics of RLC-installed Intersections

Classification	Minimum	Maximum	Mean	Standard Deviation
The number of accidents	0.00	43.00	12.8333	10.20940
Traffic volume(ADT)	4452	113605	58361.16	28912.70
Intersection area(m <sup>2</sup> )	990.00	3234.00	2306.958	638.9185
The number of left turn lane	1.00	6.00	3.1250	1.22696
The number of Bus stop	0.00	3.00	0.8750	1.07592
The number of approach on entrance	0.00	2.00	0.3750	0.64690
The number of approach on exit	0.00	2.00	0.5000	0.72232
The number of signal indication	4.00	5.00	4.4583	0.50898

2) 충청북도는 2003년에 RLC를 도입하였으며, 이에 도입시점을 기준으로 5개년도의 분석을 실시하였다. 활용한 도로교통공단의 사고자료가 2008년부터 TAAS(교통사고 분석시스템)로 통합되면서 자료 수집 방법이 변경되었기 때문에 2007년까지의 자료를 활용하였다.

RLC 미설치 교차로의 기술통계 결과는 Table 3과 같다. 설치교차로와 비교해서 살펴보면, 사고건수는 설치교차로에 비해 약 8건이 적은 4건, 교통량은 16,000대 가량 적은 42,236대로 나타났다. 교차로 면적 역시 설치 교차로에 비해 작은 면적을 차지하는 것으로 분석되었다.

Table 3. Descriptive Statistics of RLC-uninstalled Intersections

Classification	Minimum	Maximum	Mean	Standard Deviation
The number of accidents	1	24.00	9.875	5.98369
Traffic volume(ADT)	16008	71703	42236.90	14394.06
Intersection area(m <sup>2</sup> )	1070.40	2997.40	1722.460	391.8939
The number of left turn lane	0.00	5.00	2.1000	1.17233
The number of Bus stop	0.00	2.00	0.5250	0.64001
The number of approach on entrance	0.00	2.00	0.7000	0.75786
The number of approach on exit	0.00	3.00	0.7250	0.81610
The number of signal indication	2.00	5.00	4.4000	0.67178

## 4. RLC 설치 후 교차로 사고모형 개발

### 4.1. 음이항 및 포아송 회귀분석

이 연구에서 사고모형을 개발하기 위해 종속변수를 이산 확률변수(discrete random variable)로 해석하는 포아송 회귀모형(Poisson regression)을 도입하였으며, 일반식은 Eq. (1)과 같다. 여기서,  $P(n_i)$ 는 사고  $n_i$ 이 지점  $i$ 에서 발생할 확률,  $\lambda_i$ 는 평균사고건수  $\lambda_i = \exp(\beta X_i)$ 를 의미한다. 그리고  $X_i$ 은 사고수를 결정하는 지점  $i$ 의 속성을 나타내고,  $\beta$ 는 회귀계수를 표현한다.

$$P(n_i) = \frac{\lambda_i^{n_i} \cdot \exp(-\lambda_i)}{n_i!} \quad (1)$$

$\lambda_i$  형태의 계수  $\beta$ 를 추정하기 위해서는 표준최우추정법(standard maximum likelihood method)을 사용하는데 이때 우도함수( $L(\beta)$ )는 Eq. (2)와 같다.

$$L(\beta) = \prod_i \frac{\exp[-\exp(\beta X_i)] \cdot [\exp(\beta X_i)]^{n_i}}{n_i!} \quad (2)$$

분산이 평균보다 크다는 가정에서 출발하는 음이항 회귀식(negative binomial regression)을 이용한 모형이 사용되고 있다. 음이항 분포는 사고수 항( $\lambda_i$ )에 오차 항( $\epsilon_i$ )이 포함되며 아래 Eq. (3)과 같다.

$$\lambda_i = \exp(\beta X_i + \epsilon_i) \quad (3)$$

여기서,  $\exp(\epsilon_i)$ 는 평균이 1이고 분산이  $\alpha$ 인 감마분포를 따르는 오차 항이며, 이를 조건부 확률로 나타내면 Eq. (4)와 같다.

$$P(n_i|\epsilon) = \exp[-\lambda_i \exp(\epsilon_i)] \cdot [\lambda_i \exp(\epsilon_i)]^{n_i} \quad (4)$$

Eq. (4)에  $\epsilon$ 을 합하면  $n_i$ 의 비조건 분포가 되며, 이를 식으로 나타내면 Eq. (5)와 같다.

$$P(n_i|\epsilon) = \frac{\Gamma(\theta + n_i)}{[\Gamma(\theta \cdot n_i!)]} \cdot U_i^\theta (1 - u_i)^{n_i} \quad (5)$$

여기서,  $u_i = \theta / (\theta + \lambda_i)$ ,  $\theta = 1/\alpha$ 를 의미하며, 이때 우도함수는 아래 Eq. (6)과 같고, 이를 최대화하는  $\alpha$ ,  $\beta$ 를 산출하며,  $n$ 은 사고지점의 총수를 의미한다.

$$L(\beta) = \prod_i^n \frac{\Gamma(\theta + n_i)}{[\Gamma(\theta \cdot n_i!)]} \left[ \frac{\theta}{\theta + \lambda_i} \right]^\theta \cdot \left[ \frac{\lambda_i}{\theta + \lambda_i} \right]^{n_i} \quad (6)$$

이 두 모형 중 어느 모형을 사용할 것인가를 결정하기 위해 Eq. (6)이 사용되며,  $\alpha$ 가 0에 가까우면 포아송 회귀모형이 적합하고, 0에 가깝지 않으면 음이항 회귀모형을 사용하는 것이 바람직하다. 최종적으로 도출된 모형에 대한 설명력과 모형의 적합성을 검증하는 데에는 우도비( $\rho^2$ )와  $t$ 값( $t$ -value)을 이용한다(나희 등(2012) 연구에서 인용).

### 4.2. 변수의 선정

#### 4.2.1. 종속변수 선정

RLC 미설치 교차로의 사고를 사고예측모형 개발을 위한 종속변수로 사고건수를 사용하였다. 기존의 문헌에서는 다양한 종속변수를 이용하여 사고예측모형을 개발하는데 중점을 두고 있다. 이 연구에서는 사고예측 후 미설치교차로의 RLC 설치 후보지점을 찾아보고자 하는데 목적을 두고 있어, 사고건수 변수를 종속변수로 채택하는 것이 가장 적합한 것으로 판단하였다.

#### 4.2.2. 독립변수 선정

RLC 설치 및 미설치 교차로의 사고모형을 개발하기 위한 독립변수로 7개의 변수(교통량, 교차로 면적, 좌회전 차로수, 버스정류장 개수, 유입부 진출입구 수, 유출부 진출입구 수, 신호 현시 수)를 수집하였다. 독립변수의 선정은 사고와 연관성이 높을 것으로 판단되는 변수 중 일반적으로 사고예측에서 관련성이 높다고 판단되는 변수로 교통량, 교차로 면적을 선정하였고, 장비의 설치 유무에 따라 차이가 있을 것으로 판단되는 변수로 유입부 진출입구 수, 유출부 진출입구 수, 신호 현시 수를 선정하였다. 그리고 신호위반에 영향을 미칠 것으로 판단되는 변수인 좌회전 차로수, 버스정류장 개수를 독립변수로 선정하였다.

#### 4.3. RLC 설치 교차로 사고모형

설치 전·후 교통사고건수에 대한 포아송 회귀모형은 통계패키지 LIMDEP 8.0을 이용하여 24개 지점 자료를 바탕으로 분석하였으며, 그 내용은 Table 4와 같다.

Table 4. Development of Accident Models

Classification		Poisson model	Negative binomial model
RLC installation yes/no	Coeff.	0.58116151	0.61058882
	Std.Err.	0.12377357	0.17969253
	p-value	0.000	0.0007
Traffic volume(ADT)	Coeff.	0.2107D-04	0.2318D-04
	Std.Err.	0.2306D-05	0.3976D-05
	p-value	0.000	0.0000
The number of Left-turn lanes	Coeff.	0.10179704	0.08393187
	Std.Err.	0.04387901	0.07650087
	p-value	0.020	0.2726
The number of Bus stop	Coeff.	0.18028042	0.12270992
	Std.Err.	.04492845	0.09386339
	p-value	0.001	0.1911
$R^2_D$		0.5725	-
$R^2_P$		0.6816	-
Alpha( $\alpha$ )		-	0.2013
$\rho^2$		0.4319	0.0773

주: 변수들의 t값은 1.96 이상으로 모두 95%의 신뢰수준에서 유의한 것으로 분석.

RLC 설치 교차로에 사용된 분석모형은 포아송 및 음이항 회귀모형이다. 이 두 가지 모형 중 통계적 근거에 따라 가장 적합한 모형을 채택하였다.

두 모형 중 통계적으로 유의한 모형을 채택하는 기준

은 과분산계수( $\alpha$ )값이며, 이 절대 값이 1.96보다 작을 경우 포아송 모형이 더 적합한 것으로 분석된다. 이 논문에서는 개발된 두 모형 중 과분산계수( $\alpha$ ) 값이 0.2013으로 1.96보다 작아 포아송 모형을 최적모형으로 채택하였다.

포아송 모형에 채택된 변수는 수집된 7개 변수 중 RLC 설치 유·무, 교통량, 좌회전 전용차로 수 및 버스정류장 수이다. 이 변수들의 p값은 각각 0.000, 0.000, 0.020 및 0.001로 모두 95% 신뢰수준에서 모두 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다. RLC 설치 유·무와 교통량의 경우 기존의 연구 결과와 일치(Kangwon Shin 등, 김상엽 등)하는 결과이다. 좌회전 전용차로 수 및 버스 정류장 수는 기존 연구(김상엽 등)에서 채택된 변수로 신호 현시 수가 선정된 이유가 동일한 이유로, 이들 변수가 증가함에 따라 교차로 내에 정지할 확률이 높아지고, 단속을 피하기 위한 급정거 및 급출발 빈도수가 올라가기 때문에 사고에 영향력이 발생하는 것으로 판단된다. 모형의 적합도( $\rho^2$ )는 포아송 모형이 0.4319, 음이항 모형이 0.0773인 것으로 나타났다. 구축된 최종 포아송 모형의 식은 Table 5와 같다.

Table 5. Optimal Model

Classification	Model	$\rho^2$
$Y_1$	$Y_1 = \text{EXP}(0.581X_1 + (0.2107D-04)X_2 + 0.102X_3 + 0.180X_4)$	0.432

주)  $x_1$ : RLC installation yes/no

$x_2$ : Traffic volume(ADT)

$x_3$ : The number of Left-turn lanes

$x_4$ : The number of Bus stop

#### 4.4. 사고모형의 검증

모형의 적합성 검증을 위해 관측치와 모형을 통해 계산된 예측치 간의 오차분포 특성을 분석할 수 있는 평균 제곱근오차(RMSE)와 퍼센트 평균제곱근 오차(%RMSE), MPB, 평균편차(MAD) 등의 검증법을 이용할 수 있다. 가장 널리 이용되는 측정법인 RMSE는 비교하는 자료간의 전체변동을 나타낸다. RMSE와 %RMSE의 산정식을 살펴보면 Eq. (7), (8)과 같다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i (O_i - E_i)^2}{N}} \quad (7)$$

$$\%RMSE = \left( \frac{RMSE}{O_e} \right) \times 100 \quad (8)$$

여기서,  $O_i$ 는 관측치,  $E_i$ 는 예측치,  $N$ 은 관측자료의 수 그리고  $O_e$ 는 관측치의 평균이다.

이 연구에서는 모형을 이용하여 예측치를 구하였으며, Fig. 2에 나타난 실측치와 예측치를 기초로 하여 RMSE와 %RMSE를 이용하여 모형을 검증하였다. Table 6에 나타나듯이 개발된 사고모형의 RMSE는 2.714이고, %RMSE는 22.10% 이어서 개발된 모형의 예측력이 크게 실측치를 벗어나지 않는 것을 알 수 있었다.

Table 6. RMSE and %RMSE

Classification	RMSE	%RMSE
Developed model	2.714	22.10%

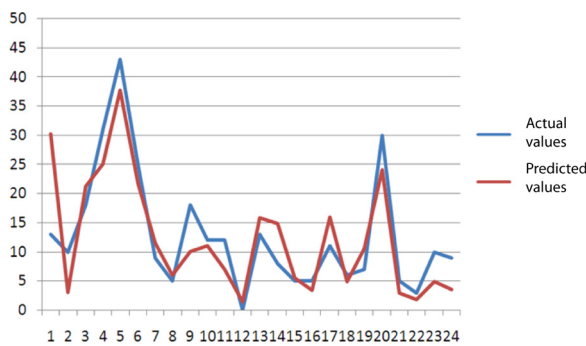


Fig. 2 Comparison of Actual and Predicted Values

## 5. RLC 미설치 교차로 사고감소효과 예측

### 5.1. 미설치교차로 사고감소효과

RLC 설치교차로의 사고모형을 통해 미설치교차로에 장비가 설치될 경우 사고를 예측하였다. 예측된 결과는 다음 Table 7과 같다.

미설치 교차로에 적용한 결과, 40개 지점 중 33개 지점에서 사고감소효과가 있을 것으로 예측되었으며, 그 중 7개 교차로는 10건 이상의 사고감소가 기대되어진다. 사고감소효과를 도식화한 결과는 Fig. 3과 같다.

Table 7. Expected Values of Accident Reduction of RLC-uninstalled Intersections

Classification	Actual accidents	Expected accidents	Increase/decrease	Classification	Actual accidents	Expected accidents	Increase/decrease
1	5	3	-2	21	9	4	-5
2	3	2	-1	22	9	8	-1
3	7	4	-3	23	7	3	-4
4	3	3	0	24	16	7	-9
5	7	2	-5	25	7	2	-5
6	17	3	-14	26	14	5	-9

7	4	4	0	27	4	4	0
8	12	3	-9	28	11	6	-5
9	23	9	-14	29	5	4	-1
10	11	3	-8	30	4	3	-1
11	6	8	2	31	4	8	4
12	12	2	-10	32	13	16	3
13	22	10	-12	33	14	8	-6
14	24	6	-18	34	17	4	-13
15	13	5	-8	35	1	3	2
16	4	3	-1	36	21	9	-12
17	8	7	-1	37	14	5	-9
18	10	4	-6	38	4	3	-1
19	6	2	-4	39	5	2	-3
20	7	4	-3	40	12	9	-3

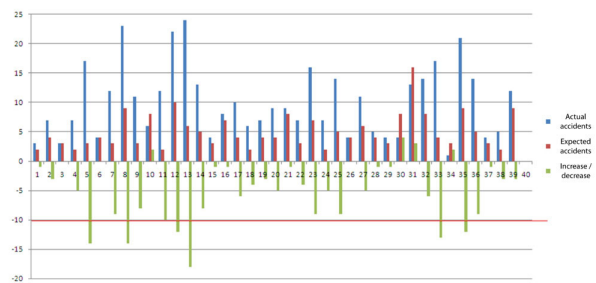


Fig. 3 Prediction of Accident Reduction

### 5.2. 사고감소지점 비교분석

RLC 미설치 교차로 40개 지점 중 10건 이상의 감소가 있는 지점의 독립변수와 설치 교차로의 독립변수와 차이가 있는지에 대해 평균을 비교하였다.

비교결과는 Table 8과 같다. 10건 이상 사고가 감소할 것으로 예측된 교차로는 10건 미만 사고 감소교차로보다 교통량이 많고, 좌회전 전용차로 수가 많은 교차로인 것으로 분석된다. 즉 RLC 설치에 따른 감소효과가 클 것으로 기대되는 교차로는 교통량과 좌회전 전용차로 수에 의해 좌우될 것으로 판단된다.

Table 8. Comparisons of Two Groups Based on the Reduced Accidents

Classification	Intersections reduced more than 10 cases	Intersections reduced less than 10 cases
Traffic volume(ADT)	52813.14	38796.42
The number of total Left-turn lanes in intersection	2.29	1.92
The number of Bus stop	0.29	0.50

## 6. 결론

이 연구는 RLC가 설치된 교차로를 대상으로 사고모형을 개발하고, 개발된 모형을 토대로 RLC 미설치 교차로에 장비를 설치할 경우의 사고감소효과를 예측하였다. 또한 미설치 교차로의 사고감소효과를 분석하여 설치대상 후보 교차로를 제안하고자 시도하였다. 이 논문의 주요결과는 다음과 같다.

첫째, RLC가 설치된 24개 교차로를 대상으로 통계적으로 매우 유의한 사고모형을 개발하였다. 이 모형은 우도비( $p^2$ )가 0.4319인 포아송 회귀모형으로, 독립변수의 신뢰수준 95%( $\alpha=0.05$ ) 기준에서 모두 유의한 것으로 분석된다. 모형에 선정된 독립변수로는 RLC 설치 유·무, 교통량, 좌회전 전용차로 수 및 버스정류장 수가 선정되었다.

둘째, 개발된 사고모형을 40개의 미설치 교차로에 적용한 결과, 40개 지점 중 33개 지점에서 사고감소 효과가 있을 것으로 예측되었으며, 그 중 7개 교차로는 10건 이상의 사고감소가 기대되는 것으로 평가된다. 연구의 결과를 토대로 연간 10건 이상 사고감소가 기대되는 교차로에 단속장비를 설치할 경우 설치비 및 운영비에 비해 교통사고 절감편익이 매우 클 것으로 예상된다.

셋째, 사고감소지점의 특성을 비교분석한 결과, RLC 설치에 따른 감소효과가 클 것으로 기대되는 교차로는 교통량과 좌회전 전용차로 수에 의해 좌우될 것으로 판단된다.

연구의 결과는 RLC 설치의 효율성을 높이고, 설치지점의 선정에 있어서 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

이 연구는 자료 수집의 한계성 때문에 충분한 조사지점 및 표본 수를 확보하지 못한 점에서 한계성을 지닌다. 이에 충분한 자료를 수집한다면 연구의 신뢰성을 높이는 데 도움이 될 것으로 예상된다. 또한 사고절감 효과에 대한 경제적 분석이 필요하다고 판단된다.

## References

- Kim, Ki Hyuk and Jung, Youn Jae(2010), "A Study on the Factors Influencing the Number of Enforcement on Traffic Signal Violation - Focused on Daegu City -", *The Journal of Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 30, no. 6, pp. 553-560.
- Kim, Myoung Suk(2006), "A Study on the Characteristics of Traffic Accident on Major Intersection before and after installing Red Light Camera", Seoul National University of Technology Thesis for Degree of Master.
- Kim, Sang Youp, Choi, Jai Sung, Kim, Myung Kyu and Sung Hyun Jin(2011), "Analysis of the Crash Reduction Effects of the Red Light Camera Systems and Determination of the User Benefits", *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, Vol. 10, No 1, pp. 1-15.
- Kangwon Shin and Simon Washington(2007), "The impact of red light cameras on safety in Arizona", *Accident Analysis and Prevention* 39, pp. 1212-1221.
- Maccubbin, R. P., Staples, B. L., and Salwin, A. E(2003), "Automated Enforcement of Traffic Signals : A Literature Review". *Federal Highway November/December*, Vol 129, pp. 648-656.
- Na, Hee and Park, Byung Ho(2012), "Accident Models of Circular Intersection by Cause Using ZAM" *International journal of highway engineering*, Vol. 14, no.2, pp.101-108.
- Retting, R. A., A. F. Williams, C. M. Farmer and A. F. Feldman(1999), "Evaluation of Red Light Camera Enforcement in Oxnard, California", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 31, pp. 169-174.
- Road traffic authority(2004), "Analysis of accident type at intersection installed red light camera".
- Ruby, D. E., Hobeika, A. G.(2003), "Assessment of Red Light Running Cameras in Fairfax County", Virginia, TRB.
- (접수일 : 2012. 1. 25 / 심사일 : 2012. 1. 26 / 심사완료일 : 2012. 10. 10)