

전적색신호시간 운영에 따른 교통사고 감소효과

박병호^{1*} · 정용일² · 김경환³

¹ 충북대학교 도시공학과, ² 도로교통공단 충북지부, ³ 충북대학교 대학원

Traffic Accident Reduction Effects of the All-Red Clearance Interval (ARCI) Operation

PARK, Byung Ho^{1*} · JUNG, Yong Il² · KIM, Kyung Hwan³

¹ Department of Urban Engineering, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

² Chungbuk Branch, Road Traffic Authority, Chungbuk 363-789, Korea

³ Graduate School, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

Abstract

This study deals with the relationships between signal operation and traffic accident of signalized intersections. The objective of this study is to analyze the traffic accident reduction effects on the operation of all-red clearance interval (ARCI). This study gives particular attentions to evaluating the traffic accident reduction effects of ARCI at 37 signalized intersections in Cheongju using before-after evaluation with comparison group.

The main results are as follows. First, the number of traffic accidents, fatalities and injuries has changed before operating ARCI and thereafter. Second, the result of before-and-after evaluation with comparison group showed that the number of accidents was reduced by 20.0% and that the number of fatalities and injuries was reduced by 28.0%. Finally, reduction effects from operating ARCI were evaluated to be 6.0~35.0% in the number of accidents and 18.0~37.0% in the number of fatalities and injuries.

이 연구는 신호교차로의 신호운영과 교통사고의 관계를 다루고 있다. 연구의 목적은 전적색신호시간(ARCI) 운영에 따른 교통사고 감소효과를 분석하는데 있다. 이를 위해 이 연구는 청주시 37개 신호교차로를 대상으로 비교그룹 방법을 사용하여 ARCI의 교통사고 감소효과를 평가하는데 중점을 두고 있다.

주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 교통사고 건수와 사상자 수는 ARCI 도입 전·후가 다른 것으로 평가되었다. 둘째, 교통사고 감소효과를 비교그룹방법으로 분석한 결과, 사고건수는 20.0%, 그리고 사상자 수는 28.0% 감소한 것으로 분석되었다. 마지막으로, 전적색신호시간 운영에 따른 사고건수의 감소 효과는 6.0~35.0%, 사상자 수의 감소 효과는 18.0~37.0%로 평가되었다.

Key Words

Traffic Accident, Paired-Sample t-test, Before-After Evaluation with Comparison Group, Accident Reduction, All-red Clearance Interval

교통사고, 대응표본 t 검정, 비교그룹 사전·사후평가, 사고감소, 전적색신호시간

* : Corresponding Author

bhpark@cbungbuk.ac.kr, Phone: +82-43-261-2496, Fax: +82-43-264-2496

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

2010년 전국 교통사고 발생건수는 총 226,878건이며, 사망자는 5,505명, 부상자는 352,458명으로 집계되었다(경찰청, 2011). 교통사고로 인한 사회적 비용도 2009년 기준으로 GDP에 1.1% 규모인 11조 8천억 원에 이르는 것으로 추정되었다(도로교통공단, 2010).

전체 교통사고 중 교차로 교통사고는 총 101,547건으로 전체 교통사고의 44.8%의 높은 비율을 나타내고 있으며, 신호위반에 의한 교통사고도 전체의 11.4%로 나타나 교차로 사고감소가 중요한 이슈로 대두되고 있다.

FHWA(2009)에서는 교차로 교통사고 감소를 위한 다양한 신호운영 방안들을 제시하고 있으며, 이 중 전적색신호시간은 신호위반(late exits 포함) 방지를 위한 가장 저비용의 교통안전 제고방안이라 소개하고 있다.

미국 디트로이트시의 경우, 지역 내 33개 신호교차로를 대상으로 전적색신호시간 도입 및 신호등 렌즈크기 확대를 통해 약 33.3%의 사고감소, 45.5%의 인피사고 감소효과를 도출한 것으로 보고된다(FHWA, 2009).

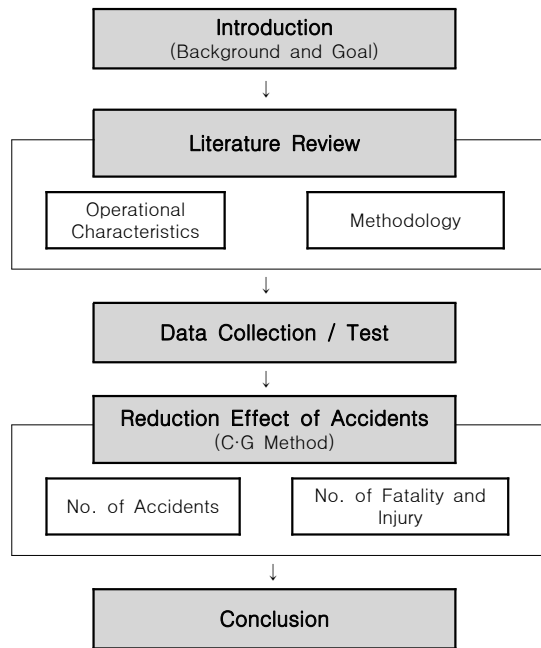
국내의 경우 교차로가 매우 넓어 현시변경에 의한 사고의 위험이 있을 때, 교차로를 횡단하는 보행자를 보호하고, 대항방향의 차량과 교차로를 벗어나지 못한 차량 간의 충돌을 피하기 위하여 전적색신호를 운영할 것을 권장하고 있다. 또한 황색신호시간을 최대 5초로 하고 이를 넘는 경우 1~2초의 신호시간을 적용할 것을 권장하고 있다(경찰청, 2005).

하지만, 다양한 해외 연구결과에 비해 전적색신호시간 도입에 따른 국내 연구사례를 찾아보기 힘들다. 전적색신호시간 도입에 따른 효과분석은 김용석(2010)에 의해 수행된 연구가 유일하며, 김용석의 경우도 국내 관련 연구의 부재와 더불어, 다양한 검증방법론에 대한 아쉬움을 표현하고 있다.

이에 본 연구는 2008년 7월, 청주·청원 사고 잦은 지점을 대상으로 시행된 전적색신호시간 도입사례를 토대로, 사전-사후분석(비교그룹방법)을 통해 도입효과를 분석하고자 한다.

2. 연구의 수행과정

본 연구의 수행과정은 <Figure 1>과 같다. 우선 기존 문헌을 통해 전적색신호시간 관련 국내의 운영특성, 관련연구 및 분석방법론을 고찰한다. 다음으로 사전-사후 자료를 구축하고 평균의 독립성 검정을 위해 대응표본 t 검정을 시행한다. 이후 전적색신호시간 도입에 따른 분석지표별 교통사고 감소효과를 추정하고, 신뢰구간을 설정한다. 마지막으로, 연구결과를 정리하고 향후 과제를 제시한다.



<Figure 1> Flowchart of Study

II. 문헌 연구

1. 전적색신호시간 운영특성 및 관련연구

전적색신호시간의 적용기준은 다음과 같다.

국내의 경우에는 황색시간은 최대 5초로 하며, 이를 넘는 나머지 시간은 2초 범위 내에서 전적색신호시간을 사용하도록 규정하고 있다. 교차로 폭과 접근속도에 따른 황색시간은 식(1)과 같이 정의된다.¹⁾

1) 국내의 경우는 황색시간과 전적색신호시간을 포함해서 7초를 초과하지 못하도록 하며, 교차로 폭과 접근속도에 따라 황색시간 및 전적색신호시간을 표로 제시하고 있다(경찰청(2005), 교통신호기 설치·관리 매뉴얼, p.42.).

$$Y = T_b + \frac{V}{2d} + \frac{(W+L)}{V} - T_s \quad (1)$$

여기서, Y 는 황색신호시간(s), T_b 는 인지반응시간($1.0s$), V 는 접근속도(m/s), d 는 정지감속도($5.0 m/s^2$), W 는 교차로 횡단거리(m), L 은 차량길이(m), 그리고 T_s 는 출발인지 반응 및 여유시간($1.5s$)이다.

미국의 경우 주(州)별로 조금씩 상이하기는 하나, 기본적으로 ITE에서 제시하고 있는 식(2)를 바탕으로 적용되고 있다.

$$y = t + \frac{v}{2a + 2Gg} + \frac{(w+l)}{v} \quad (2)$$

여기서, y 는 황색신호시간(s), t 는 인지반응시간(일반적으로 $1s$), v 는 설계속도(m/s), a 는 가속도(일반적으로 $3.0m/s^2$), g 는 중력가속도($9.8m/s^2$), G 는 접근로경사($\%/100$, 내리막경사 값은 음수), w 는 정지선에서 충돌이 없는 지점까지 거리(m), 그리고 l 은 차량길이(일반적으로 $6.0m$)이다.

전적색신호시간 관련 연구를 살펴보면, 앞서 기술한 것과 같이 국내 사례는 김용석(2010)의 연구가 유일하다. 그는 전적색신호시간을 도입한 10개 교차로를 대상으로 비모수검정을 통해 전적색신호시간 도입이 교차로 직각충돌사고에 미치는 영향을 검증하였다.

한편, 국내와 달리 해외에는 많은 연구가 진행되고 있으며 사례를 살펴보면 다음과 같다.

Retting(2002)은 뉴욕주의 122개 4지 교차로를 대상으로(분석대상, 비교대상) 전적색신호시간 도입에 따른 교통사고 감소효과를 분석하였으며, 분석결과 전체 사고건수는 8% 감소($p=0.08$), 인피 사고건수는 12% 감소($p=0.03$), 그리고 보행자-자전거 사고건수는 37%가 감소($p=0.03$)한 것으로 제시하고 있다.

Schattler(2003)는 미시건주의 사례를 근거로, 전적색신호시간 적용에 따른 신호위반 및 차량의 후반부 유출 빈도의 감소를 분석하였다.

Souleyrette(2004)는 미네아폴리스 38개 교차로를 대상으로 횡단면분석 및 사전-사후 분석을 통하여 전적색신호시간 도입 후 교통사고 감소효과를 밝히고 있다.

이 외에도 디트로이트, 오클랜드, 인디애나 및 롱 아일랜드 등 다양한 지역에서 전적색신호시간의 교통사고 감소효과가 보고되고 있다.

이처럼 해외의 경우 오랜 기간 동안 다양한 분석방법

론을 토대로 연구가 진행되어 온 것에 비하여, 국내에는 그 사례가 많지 않은 것이 아쉬운 실정이다.

특히, 전적색신호시간 도입에 따라 교통사고가 구체적으로 얼마나 감소하였는지에 대한 사전-사후 분석은 본 연구가 유일하며, 그렇기에 본 연구의 필요성 및 중요성이 대두된다.

2. 사전-사후 분석방법론

사전-사후 분석은 시설물의 효과분석에 활용되며, 단순비교방법(simple before-after evaluation method), 일대일비교방법(one to one matching with yoked comparisons), 비교그룹방법(before-after evaluation with comparison group) 및 Bayes 방법(before-after evaluation with the Bayes approach) 등의 4가지 방법이 대표적이다(Hauer, 1997).

일반적으로 계산과정이 비교적 용이한 단순사고건수 비교방법과 일대일 비교방법보다는 비교그룹방법 및 Bayes 방법이 많이 활용되고 있다.

비교그룹방법의 경우 유사 특성을 지닌 지점을 비교 그룹으로 분류하여 분석함으로써, 한 지점을 선택함으로써 발생할 수 있는 오류를 보완하는 장점이 있지만, 평균으로의 회귀(RTM: regression to mean) 문제가 발생하는 단점이 있다.

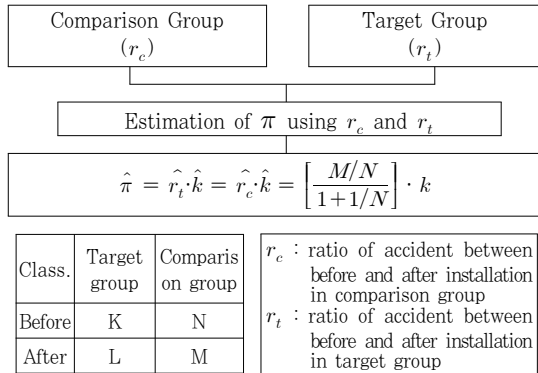
반면, Bayes 방법은 참조그룹의 안전성함수(SPF: safety performance function)를 활용하여 비교대상 사고 건수의 대표성을 높이고, RTM 문제를 해결할 수 있는 장점이 있는데 비해, 모형구축이 복잡하고 많은 자료가 필요하다는 단점이 있다.

본 연구는 자료수집의 한계로 인하여, 비교그룹방법을 활용한 분석을 시행하며, 전적색신호시간이 적용되지 않은 교통사고 잦은 곳 교차로를 비교대상 그룹으로 활용함으로써, 참조집단 선정에 있어 유사성에 따른 문제를 극복하고자 한다.

비교그룹을 이용한 사전-사후 분석방법의 기본개념은 특정 사업이 시행된 지점에서 사업 시행 후 발생한 사고 건수와 동일한 조건아래 사업이 시행되지 않았을 경우에 발생할 사고건수를 예측하여 비교하는 것이다.

비교그룹방법의 기본개념 및 수행과정은 <Figure 2>와 <Table 1>과 같다.

일반적으로 비교그룹방법에서의 효과측도는 사고변화 건수(δ), 혹은 사고변화율(θ)이 사용되며, $\theta < 1$ 이면



* Recited in the study of Lee, Soo Beom(2008)

<Figure 2> Concept of Comparison Group Method

<Table 1> Study Flow of Comparison Group Method

Step	Purpose	Equations of Comparison Group Method
Step 1	Forecasting λ , π	$\hat{\sigma} = L$ $\hat{\pi} = \hat{r}_t \cdot \hat{k} = \hat{r}_c \cdot \hat{k} = \frac{N/M}{1+1/M} \cdot K$
Step 2	Forecasting $\hat{\sigma}^2[\hat{\lambda}]$, $\hat{\sigma}^2[\hat{\pi}]$	$VAR[\hat{\lambda}] = L$ $VAR[\hat{\pi}] = \hat{\pi}^2 \cdot \left[\frac{1}{K} + \frac{VAR[r_c]}{\hat{r}_c} \right] \text{ or}$ $= \hat{\pi}^2 \cdot \left[\frac{1}{K} + \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{M} + \frac{VAR[\omega]}{E^2[\omega]} \right) \right]$ $\therefore VAR[\hat{r}_c] \cong \hat{r}_c^2 \cdot \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{M} + \frac{VAR[\omega]}{E^2[\omega]} \right)$
Step 3	Forecasting δ , θ	$\hat{\delta} = \hat{\pi} - \hat{\lambda} = K - L$ $\hat{\theta} \cong \frac{(\hat{\lambda}/\hat{\pi})}{1 + (VAR[\hat{\pi}]/\hat{\pi}^2)} = \frac{(L/K)}{1 + (K/K^2)}$
Step 4	Forecasting $\hat{\sigma}^2[\hat{\delta}]$, $\hat{\sigma}^2[\hat{\theta}]$	$\hat{\sigma}^2[\hat{\delta}] = \hat{\pi} + \hat{\lambda} = K + L$ $\hat{\sigma}^2[\hat{\theta}] \cong \frac{(VAR[\hat{\lambda}]/\hat{\lambda}^2) + (VAR[\hat{\pi}]/\hat{\pi}^2)}{[1 + (VAR[\hat{\pi}]/\hat{\pi}^2)]^2}$ $= \frac{\hat{\theta}^2 \cdot [(L/L^2) + (K/K^2)]}{[1 + (K/K^2)]^2}$

* Recited in the study of Lee, Soo Beom(2008)

시행된 교통안전사업은 교통사고 감소에 효과가 있는 것으로 결론 내린다(Hauer, 1997(이수범(2008)의 연구에서 재인용)).

III. 자료수집 및 검증

1. 분석 자료의 수집

사전-사후분석은 2008년 전적색신호시간이 도입된 청주·청원 관내 64개 교차로 중, 기간 내 기타 신호체

<Table 2> Operational Conditions of All-red Clearance Interval (Unit : Number)

Classification	Yellow Time (All-red Time)			Total
	3sec(2sec)	4sec(2sec)	5sec(2sec)	
3-leg	7	3	2	12
4-leg	8	10	7	25
Total	15	13	9	37

<Table 3> Target and Comparison Groups

Target group	Before (2007)	Accident data of 37 intersections (207) before ARCI introduction
	After (2009)	Accident data of 37 intersections (209) after ARCI introduction
Comparison group	Before (2007)	Accident data (207) of 208 intersections except target group
	After (2009)	Accident data (209) of 208 intersections except target group

<Table 4> Number of Accident and Fatal/Injury by Group (Unit : Number/year, Number/person)

Category	2007				2009				
	Accident		Fatal&Injury		Accident		Fatal&Injury		
	Fatal	Injury	Fatal	Injury	Fatal	Injury	Fatal	Injury	
Target Group	3-leg	2	40	2	88	1	24	1	44
	4-leg	2	225	2	423	0	190	0	327
	Total	4	265	4	511	1	214	1	371
		269		515		215		372	
Comparison Group	3-leg	9	262	9	435	9	217	9	389
	4-leg	9	645	9	1078	5	667	5	1146
	Other	1	82	1	139	1	127	1	153
	Total	19	989	19	1652	15	1011	15	1688
		1,008		1,671		1,026		1,703	

계 및 기하구조 개선이 시행된 지점을 제외한 총 37개 교차로를 대상으로 한다.

이 연구에서 적용한 전적색신호시간은 교차로 폭과 접근속도에 따라 황색신호시간이 5초를 넘는 경우 적용하는 신호변환시간 관점과는 다르다. 이 연구에서는 신호변환시간이 7초를 넘지 않는 범위에서 주도로 위주로 기존 황색신호시간에 추가하여 2초의 전적색신호시간을 적용한다. 전적색신호시간 운영 현황은 <Table 2>와 같다.

분석 자료는 2008년 전적색신호시간 도입 시점을 기준으로 도입 전(2007년)과 도입 후(2009년)의 자료를 활용하여 시행한다.2)

한편, <Table 3>과 같이 비교대상 그룹은 분석대상 그룹을 제외한 나머지 교통사고 잦은 곳 중 자료수집이

2) 분석기간이 연장될 수 없었던 사유는 2010년 '교통운영체계선진화방안'에 따라 대부분 교차로가 직진우선 신호체제로 변경되었기 때문이다.

가능한 208개 교차로를 선정하며, 그룹별 사고건수 및 사상자 수를 요약하면 <Table 4>와 같다.

<Table 5>는 단순비교방법에 따른 분석결과이다. 전적색신호시간 도입에 따른 사전-사후 단순비교결과, 사고건수는 약 20.1%, 사상자 수는 약 27.8% 감소한 것으로 분석된다.

2. 독립성 검정

전적색신호시간 도입에 따른 교통사고 감소효과 분석을 위하여, 사전-사후 사고건수 및 사상자 수의 차이가 통계적으로 유의한지에 대한 검정단계를 진행한다.

분석대상 그룹의 독립성 검정을 위해 대응표본 t 검정을 실시한 결과 사고건수 및 사상자 수 모두 평균값이 차이가 있는 것으로 나타났다($p = 0.10, 0.05$). 또한 차이의 95% 신뢰구간이 0을 포함하고 있지 않아 전적색신호시간 운영 전·후 사고건수 및 사상자 수에 유의미한 변화가 있다고 할 수 있다. 분석결과는 <Table 6>과 같다.

IV. 교통사고 감소효과 분석

1. 지표별 교통사고 감소효과

1) 사고건수 감소효과

사고건수의 경우 단순비교에서는 54건(20.1%) 감소

<Table 5> Result of Simple Before-After Evaluation Method

Category		Target Group	Comparison Group
Location		37 intersections	208 intersections
Accident	Before	269	1,008
	After	215	1,026
	Difference	-54(-20.1%)	18(1.8%)
Fatal & Injury	Before	515	1,671
	After	372	1,703
	Difference	-143(-27.8%)	32(1.9%)

<Table 6> Result of Independency Test in Target Group

Category	Mean	Std. deviation	95% Confidence Interval		p-value
Accident	1.027	3.184	0.035	2.089	0.058
Fatal & Injury	2.622	6.925	0.313	4.930	0.027

<Table 7> Result of Before-After Analysis in Number of Accident

Number of accident in target group (Before)	269
Number of accident in target group (After)	215
Number of accident in comparison group (Before)	1,008
Number of accident in comparison group (After)	1,026
λ	215
$\hat{\pi}$	273.53
Reduction in accident(δ)	58.53
Measure of effectiveness (θ)	0.80
Variation of reduction in accident ($\sigma^2[\delta]$)	488.53 (Std. deviation : 22.10)
Variation of measure of effectiveness ($\sigma^2[\theta]$)	0.01 (Std. deviation : 0.07)

한 것으로 나타나는데, 비교그룹방법을 활용하여 분석한 결과, 사고건수는 58.5건(표준편차 : 22.1) 감소한 것으로 분석된다.³⁾

효율성 척도(θ)는 0.80(표준편차 : 0.07)으로 나타나 전적색신호시간 운영에 따라 약 20.0%의 교통사고 감소효과가 있는 것으로 판단되며, 분석결과는 <Table 7>과 같이 요약된다.

2) 사상자 수 감소효과

사상자 수의 경우 단순비교 결과 143인(27.8%) 감소한 것으로 나타났으며, 비교그룹방법 분석 결과에서는 전체 사상자 수가 152.6인(표준편차 : 29.9) 감소한 것으로 분석된다.

<Table 8>에서 보는 바와 같이, 효율성 척도(θ)는 0.72(표준편차 : 0.05)로 나타나 전적색신호시간 운영에 따라 약 28.0%의 사고 감소효과가 있는 것으로 분석된다.

2. 신뢰구간 추정 및 소결

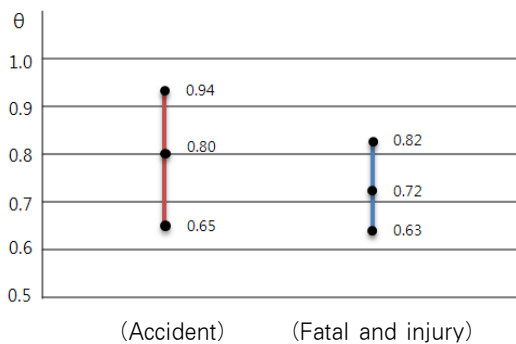
비교그룹방법에 의한 분석결과 전적색신호시간 운영에 따른 사고건수 감소효과는 약 20.0%, 사상자 수의 감소효과는 약 28.0%로 분석된다.

신뢰수준 95%에서의 신뢰구간을 추정한 결과는 <Figure 3>과 같다. 사고건수의 경우는 0.65~

3) 여기서의 사고건수는 인피사고만을 대상으로 하며, 이는 2008년 이후 교통사고 잦은 곳 집계기준에서 물피사고가 제외되었기 때문이다.

<Table 8> Result of Before-After Analysis in Fatal & Injury

Number of fatal and injury in target group (Before)	515
Number of fatal and injury in target group (After)	372
Number of fatal and injury in comparison group (Before)	1,671
Number of fatal and injury in comparison group (After)	1,703
λ	372
$\hat{\pi}$	524.55
Reduction in fatal and injury(δ)	152.55
Measure of effectiveness (θ)	0.72
Variation of reduction in fatal and injury ($\hat{\sigma}^2[\delta]$)	896.55 (Std. deviation : 29.94)
Variation of measure of effectiveness ($\hat{\sigma}^2[\theta]$)	0.0023 (Std. deviation : 0.05)



<Figure 3> 95% Confidence Interval of Measure of Effectiveness

<Table 9> Comparison of Results

Category	Accident		Fatal & Injury	
	Decreased Number	Decreased Ratio(%)	Decreased Number	Decreased Ratio(%)
Simple before-after evaluation method	54.0	20.1	143.0	27.8
Before-after evaluation with comparison group	58.5	20.0	152.6	28.0

0.94(6.0%~35.0%), 사상자 수의 경우는 0.63~0.82(18.0%~37.0%)로 분석된다.

한편, 신뢰구간에서 1.0보다 큰 값이 존재하지 않아

전적색신호시간 운영에 따른 사고건수 및 사상자 수 감소효과를 기대할 수 있는 것으로 판단된다.

<Table 9>는 단순비교방법과 비교그룹방법과의 분석 결과를 비교하고 있다. 분석결과의 편차는 크지 않지만, 보다 통계적으로 유의한 방법론을 통해, 분석결과의 신뢰성을 높였다는데 의의가 있다.

V. 결론

이 연구는 전적색신호시간 운영에 따른 교통사고 감소효과를 검증·분석하는데 그 목적이 있다. 국내의 경우 사례연구가 부족하여 구체적인 교통사고 감소효과에 대한 검증이 없었으며, 이러한 측면에서 이 연구의 실증 분석은 의의가 있다고 할 수 있다.

검증·분석을 위해 전적색신호시간이 적용된 교통사고 잦은 곳 37개 교차로를 대상으로 도입 전·후 수집된 사고건수 및 사상자 수의 평균비교를 실시하여 독립성을 검증하였으며, 대표적인 사전-사후 분석방법의 하나인 비교그룹방법을 활용하여 교통사고 감소효과를 추정하였다.

분석기간은 도입 전·후 각각 1년으로 하였으며, 분석대상 그룹은 37개 교차로, 비교대상 그룹은 208개 교차로이다.

주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 전적색신호시간 도입 전·후 사고건수 및 사상자 수 평균비교 결과, 사고건수 및 사상자 수에 유의미한 변화가 있는 것으로 검증된다.

둘째, 교통사고 감소효과를 비교그룹방법으로 분석한 결과, 사고건수는 20.0%, 사상자 수는 28.0% 감소한 것으로 분석된다.

셋째, 신뢰수준 95%에서 신뢰구간 추정 결과, 전적색신호시간 운영에 따른 교통사고 감소효과는 사고건수의 경우는 6.0~35.0%, 사상자 수의 경우는 18.0~37.0%로 기대된다.

이 연구에서 전적색신호시간은 적은 비용으로 큰 효과를 도출할 수 있는 저비용-고효율 교통안전 증진방안임이 입증된 만큼, 교통사고 감소를 위한 시설투자 이전에 반드시 검토되어야 할 대안이라 생각된다.

아울러 국내 규정에도 교통안전 증진을 위한 전적색신호시간의 구체적인 적용 범위 및 방식(예: 심야시간 시차제 적용 등)과 전적색신호 운영에 따라 신호주기가 길어지는 등 신호 효율성 측면, 운영 중인 신호시간의 적절성 여부 등에 대한 내용들도 향후 연구되어야 할 것이다.

알림 : 본 논문은 대한교통학회에서 주최한 제63회 학술발표회에서 발표한 “전적색신호시간 운영에 따른 사고 감소효과”의 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

REFERENCES

1. FHWA(2009), Example Intersection Safety Implementation Plan.
2. Hauer, E.(1997), Observational before-after studies on road safety, Pergamon.
3. Kim, Yong Seok, KANG, Dong Soo, PARK, Jun Tae and LEE, Soo Beom(2010), Effect of All-Red Clearance Interval on Intersection Right-Angle Crashes, Journal of Korean Society of Transportation, Vol.28, No.1, Korean Society of Transportation, pp.97~105.
4. Kim, Jeong Hyun, Kim, Gyu Ho, Kim, Jang Wook and Lee, Soo Beom(2008), Estimation of Accident Effectiveness Based Upon the Location of Traffic Signal Using C-G Method, Journal of the Korea Society of Civil Engineers, Vol.28, No.6D, pp.775~789.
5. Lee, Dong Min, Kang, Jae-Hong, Sung, Nak-Moon and Chung, Bong Jo(2007), A Safety Evaluation of Shoulder Rumble Strips on Freeway Using C-G Method, Journal of the Korea Society of Road Engineers, Vol.9, No.2, pp.77~87.
6. Lee, Soo Beom, Jung, Do Young and Kim, Do-Gyeong(2008), The Effects of a School Zone Improvement Project on Crash Reduction Regarding Land Use Characteristics, Journal of Korean Society of Transportation, Vol.26, No.3, Korean Society of Transportation, pp.109~117.
7. MIDOT(2004), Effectiveness of All-Red Clearance Interval on Intersection Crashes, Minnesota Department of Transportation Research Services Section.
8. National Police Agency(2010), 2011 Traffic Accident Statistics.
9. National Police Agency(2005), Manual of Signal Installation and Management.
10. Park, Jeong-Soon(2008), Development of Accident Models based on the Characteristics of Cheongju 4-Legged Signalized Intersections, Chungbuk University, A Doctoral Dissertation.
11. Park, Min-ho, Park, Kuiyoung, Chang, Iljoon and LEE, Soo Beom(2006), Accident Conversion Effect Analysis of Installing Median Barriers, Journal of Korean Society of Transportation, Vol.24, No.2, Korean Society of Transportation, pp.113~124.
12. Retting, R. A., Chapline, J. F. and Williams, A. F.(2002), Changes in crash risk following re-timing of traffic signal change intervals, Accident Analysis & Prevention, Vol.34, No.2, pp.215~220.
13. Road Traffic Authority, TAAS(Traffic Accident Analysis System), <http://taas.rota.or.kr>.
14. Road Traffic Authority(2008), A Study on the Technology and Operation of Traffic Signal System.
15. Roper, B. A., Fricker, J. D., Sinha, K. C. and Montgomery, R. E.(1990), The Effects of the All-Red Clearance Interval on Intersection Accident Rates, Joint Transportation Research Program, FHWA/IN/JHRP-90/07.
16. Souleyrette, R. R., McDonald, T. J. and O'Brien, M. M.(2007), Safety Effectiveness of All-Red Clearance Intervals at Urban Low-Speed Intersections, Transportation Research Board Annual Meeting, 07-2031.
17. USDOT(2009), Improving Safety by Providing All-Red Clearance Intervals and Larger Signal Lenses.
18. USDOT(2009), Intersection Safety Issue Briefs.

- ✉ 주 작성자 : 박병호
- ✉ 교신저자 : 박병호
- ✉ 논문투고일 : 2011. 9. 7
- ✉ 논문심사일 : 2011. 10. 23 (1차)
2011. 12. 15 (2차)
- ✉ 심사판정일 : 2011. 12. 15
- ✉ 반론접수기한 : 2012. 8. 31
- ✉ 3인 익명 심사필
- ✉ 1인 abstract 교정필