

신호교차로의 전적신호 적용방법 연구

A Study on the Application Method of All-Red Phase at the Signalized Intersection

우 용 한* · 유 영 근** · 이 상 혁***

* 주저자 : 경일대학교 건설공학부 부교수

** 교신저자 : (사)영남교통정책연구원 원장

*** 공저자 : 한국건설기술연구원 수석연구원

Yong-Han Woo* · Yeong-Geun Ryu** · Sang-Hyuk Lee***

* Dept. of Construction Engineering, Univ. of Kyungil

** Yeungnam Transportation Policy Institute

*** Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

† Corresponding author : Yeong-Geun Ryu, ygryu@chol.com

Vol.16 No.5(2017)

October, 2017

pp.29~37

ISSN 1738-0774(Print)

ISSN 2384-1729(On-line)

<https://doi.org/10.12815/kits.2017.16.5.29>

2017.16.5.29

Received 15 September 2017

Revised 1 October 2017

Accepted 13 October 2017

© 2017. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

요 약

신호교차로에서는 교통량과 보행자를 고려해서 현시별 녹색시간이 결정된다. 하지만 부적절하게 설계된 신호운영체계는 차량과 보행자의 통행에 불편을 초래하고 있다. 본 연구에서는 보행자의 안전을 확보하면서 차량 통행에도 문제가 없는 전적신호의 적용방법을 제안하였다. 기본개념은 각 현시별 녹색시간중 여유녹색시간을 전부 합해서 전적신호 운영 여부를 판단하는 것이다. 즉, 총 여유녹색시간이 전적신호 현시시간보다 클 경우 전적신호의 적용이 가능하다. 이 방법에 의거 사례연구를 수행하였으며, 그 결과는 만족스럽게 나타났다.

핵심어 : 전적(全赤)신호, 신호교차로, 여유녹색시간

ABSTRACT

Intersection signal's phase time is calculated and determined by car and pedestrian traffic volume. If signal phase time and traffic volume dis-matched, cars and pedestrians have much delay time. This paper suggested an All-Red phase application method that cars and pedestrians securing safety and minimizing traffic signal waiting time.

The key solution of this suggested method is determining All-Red phase operation by using sum of spare green time that have no passing cars. That is, total time of spare green time that have no passing cars is longer than All-Red phase time, operating All-Red phase has an effect. And case study carried out at the signalized intersection, revealed that this suggested method has much effectiveness.

Key words : All-Red, Signalized Intersection, Spare Green Time

I. 서론

교통류가 상충하는 교차로에서 진행차량 및 도로 횡단보행자의 안전성 확보를 위해 약속된 통행지시를 순차적으로 공평하게 수행하는 것이 신호등이며, 신호등이 설치된 교차로를 신호교차로라고 한다. 신호교차로에서 가장 중시되어야 하는 것이 안전이며, 이를 위해 운전자의 신호준수를 법으로 규정하고 있다. 그 다음으로 신호교차로는 운영의 효율성이 중요하다. 교차로 통과차량의 대기시간 최소화가 효율성의 한가지이며, 이동류별 교통량에 따른 현시방법, 현시길이, 신호주기 등의 의해 결정된다.

교차로에서의 신호운영은 차량소통에 핵심가치를 둔다. 현시길이의 결정은 횡단보행자의 안전을 위한 최소녹색시간이 기본적으로 적용된다. 하지만, 4지 신호교차로에서 3개 접근로에만 신호횡단보도가 설치되어 있거나, 운전자의 안전의식 결여 등으로 인해 보행자의 사고위험과 횡단불편은 항상 존재하고 있다. 최근에는 “녹색도시”, “녹색교통”으로의 변환이 요구되고 있는 시점에서 “차량우선”이 아니라 “보행자 우선”의 조치 필요성이 점차 강조되고 있다. 보행자 우선조치는 교통약자의 배려차원에서 바람직한 것이며, 교통사고의 감소측면에서도 상당히 긍정적으로 작용할 수 있다.

교차로에서 횡단보행자에게 통행권을 부여하는 방법 중 한가지는, 동시에 모든 접근로의 횡단보행을 허용하는 전적신호(All-Red)체계가 있다. 하지만 특별한 경우를 제외하고 우리나라에서 일반적으로 통용되는 방법은 아니다. 전적신호는 현시가 바뀌는 시점에 후속 현시의 이동류를 위해 교차로 내 잔존차량을 소거할 목적으로 간혹 적용하는 사례가 있을 뿐이다. 즉, 진행현시의 종료시점에서 황색시간이 길 경우, 황색시간 중 일부시간을 전적신호로 운영하는 방법이다. 또 다른 전적신호의 적용사례는 교차로에서 보행자의 대각선 횡단 등 보행자의 보행편리성을 최대한 확보하기 위한 조치로 운영하는 사례도 있다. 중심상업지역 등에서 여러 방향으로 횡단하는 보행자가 많은 상황에 적용하고 있다. 또한 도로의 차로 수가 적고, 보행자가 많은 주거지역 등에서도 전적신호를 하나의 현시로 운영하는 경우가 있다.

보행의 안전과 편리성을 위해 하나의 현시로 전적신호를 추가하면 신호주기 값이 증가하거나, 차량의 녹색신호시간이 감소하기 때문에 차량 대기시간이 증가하는 문제가 발생할 수 있다. 하지만 횡단보행자를 위해 최소녹색시간을 제공하고 있는 데, 정작 그 현시에 이동하는 교통량이 적어서 차량의 녹색신호가 낭비되는 상황이라면 이야기가 다르다. 따라서 횡단보행시간은 각각의 상황에 맞는 적절한 방법을 찾아서 운영하는 것이 중요하고, 그 대안중 하나로 전적신호 운영에 대한 검토도 필요하다고 본다.

본 연구에서는 이와 같이 교통량은 적지만, 최소녹색시간 때문에 차량의 녹색시간이 불필요하게 긴 경우에 대해 적절한 전적현시를 추가하는 적용방법을 제안하고, 이에 따른 효율성을 분석하고자 한다.

II. 기존연구 및 관련문헌 고찰

교차로 신호운영에 관한 연구는 신호운영이 일반화된 이후 오랫동안 매우 많은 연구들이 진행되어 왔다. 초기의 연구들은 대부분 정주기신호에서 교통량에 따른 현시시간, 신호주기의 산정방법 등이었다. 이후, 감응식 신호에 대한 연구들이 현재까지 지속적으로 진행되고 있는데, 교통량 검지기, 검지영역 설정방법, 검지정보의 해석방법 등에 대한 연구가 많이 진행되고 있고, 연구결과의 실용화가 빠르게 나타나고 있다.

한편, 전적신호에 대한 연구는 안전성 측면에서 대부분 진행되어 왔고, 전적신호를 하나의 현시로 부여했을 때 효과검증에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 전적신호의 몇 가지 선행연구를 살펴보면, Bechtel et al.(2004)은 2002년 미국 캘리포니아 오클랜드시의 8번가와 웹스터가가 만나는 교차로에 설치된 대각선 횡단

보도에 대한 보행자 안전을 평가하고, 분석하는 연구를 수행하였다. 연구결과 전방향 횡단보도 설치 후 차량과 보행자의 상충은 감소하였으나, 무단횡단은 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 무단횡단의 경우 기존 교차로 횡단방식에 따라 차량의 진행방향과 같은 방향으로 횡단함으로써 교통안전에는 심각한 영향이 없는 것으로 판단하여 전방향 횡단보도의 설치가 교통안전에는 효과가 있는 것으로 분석하였다. Kattan et al.(2009)은 캐나다 Alberta주 Calgary에 시범사업으로 시행한 2개의 전방향 횡단보도에 대해 보행자 안전성 평가와 분석을 행하였다. 차량과 보행자간의 상충을 분석대상으로 하여 전방향 횡단보도의 안전성을 분석하였다. 6주간 현장조사를 시행하여 차량과 보행자간의 상충과 무단횡단에 대한 모형을 개발하였다. 분석결과, 차량과 보행자간의 상충은 통계학적으로 현저히 감소하는 것으로 나타났지만, 전방향 횡단보도 설치 후 무단횡단은 통계학적으로 크게 증가하는 것으로 분석되었다. 그러나 전체 무단횡단의 60% 정도는 보행신호가 점멸할 때 이동한 보행자비율이기 때문에 무단횡단이라 보기 어렵고, 무단횡단의 13%는 차량 진행방향과 동일한 방향으로 행한 비율이었으며, 약 2%의 무단횡단은 교통사고를 유발할 수 있는 위험한 무단횡단인 것으로 분석하였다.

한편 우리나라에서도 수행한 선행연구가 있는데, Park et al.(2012)에 의해 수행된 연구에서는 현시 전환 간 전적신호 운영시와 비운영시 교통사고를 비교하였는데, 현시 전환 간에 전적신호를 운영하면 사고건수가 20%, 사상자 수가 28% 정도 감소한다는 결과를 제시하였다. Kim et al.(2010)의 연구에서도 전적신호 운영시 안전성에 대한 효과검증을 하였는데, 전적신호 운영시 안전성이 증가한다는 결과를 제시하였다.

이처럼 수행된 선행연구들은 모두 안전성을 초점을 맞춰 진행된 것이었고, 본 연구에서 수행하고자 하는 전적신호의 현시 추가에 대한 이론적인 적용방법을 제안하고, 효용성을 분석한 사례를 찾기는 어려웠다.

Ⅲ. 전적신호 운영의 이론정립

1. 전적신호 검토대상 교차로

보행자의 자유로운 교차로 횡단을 위한 전적신호 운영이 필요한 신호교차로는 다음 3가지 경우로 분류할 수 있다. 첫 번째는 보행자통행의 형평성에 초점을 둔 것으로서, 자동차 우선이라는 인식이 강한 우리나라에서는 사회적 합의가 우선되어야 적용할 수 있는 방법이다. 두 번째는 전적신호 도입이 아주 필요한 교차로이지만, 우회전교통량과 보행자를 조사해서 간단하게 도입여부를 결정할 수 있는 방법이다. 본 연구에서는 이론적 논리와 도입조건에 대한 면밀한 정립이 필요한 세 번째를 대상으로 연구를 진행하였다.

3가지 외에도 상업지역 등 횡단보행자가 극단적으로 많은 교차로에서 보행자의 안전과 편의를 위해 전적신호를 운영하는 사례가 많은데, 이는 보행자 위주의 관점에서 운영되는 것이므로 차량의 소통수준은 크게 중요하지 않다. 본 연구는 교차로에서 보행자횡단과 차량통행이란 두가지 요소에 대해 동일 비중으로 적정성을 생각하기 때문에 이 경우를 제외하였다.

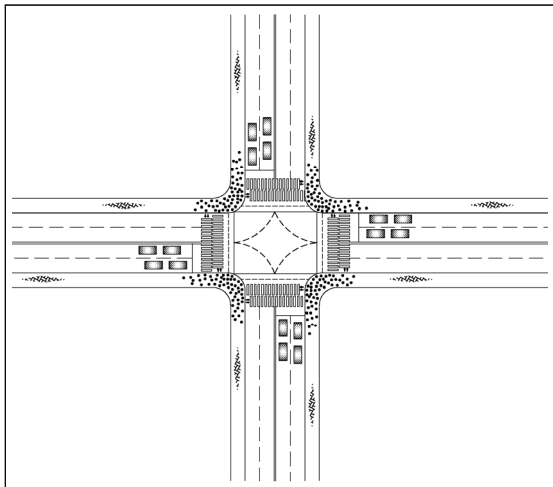
① 교차로 횡단보행자 수가 차량을 이용한 교차로 통행자 수보다 많은 경우

이 경우는 차량을 이용해 교차로를 통과하는 사람 총량과 보행에 의해 교차로를 횡단하는 사람 총량이 신호 대기시간을 공평하게 나누도록 하는 방법이다. 차량을 이용한 교차로 통행자 수는 방향별 통과교통량에 평균 재차인원을 곱함으로써 산정할 수 있는데, 이 값이 교차로 횡단보행자보다 작을 경우, 전적신호를 운영하여 보행자와 차량의 형평성을 유지시킬 필요가 있다. <Fig. 1>은 이러한 상황을 도식적으로 표시한 것이며,

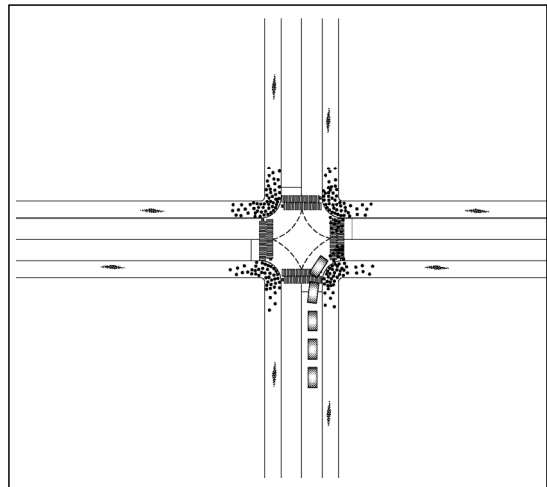
가각부의 흑색 점은 횡단보행자를 의미한다.

② 4지교차로가 편도 1차로인 도로로 형성되고, 우회전교통량과 횡단보행자가 많은 경우

교차로의 각 접근로가 편도 1차로 도로인 경우, 직진과 좌회전을 위한 녹색신호 등화시 우회전차량이 횡단보행자에 의해 대기함으로서 직진 또는 좌회전 차량이 진행을 못하고 대기하는 상태인데, 많은 횡단보행자가 장시간 지속되고, 우회전 차량이 많은 경우, 차량의 막힘 현상은 더욱 심각하게 된다. 이와 같은 경우에는 한 개의 차로에서 직진, 좌회전, 우회전이 원활하게通行할 수 있도록 허용하는 것이 중요하고, 횡단보행자는 전적현시를 통해 횡단하도록 하는 것이 효율적이다. 상황은 <Fig. 2>에 나타낸 바와 같다.



<Fig. 1> Concept of All-Red signal needed intersection case I



<Fig. 2> Concept of All-Red signal needed intersection case II

③ 직진신호에서 통과교통량이 최소녹색시간 동안 통과 가능한 교통량에 크게 미달될 경우

신호현시 계획에서 차량녹색시간의 최소값은 보행자의 안전한 횡단을 위한 최소녹색시간 보다 그 이상이어야 한다. 결정된 신호주기에서 현시시간의 할당은 해당 현시의 이동류중 큰 소요현시율에 비례해서 결정하지만, 최소녹색시간 이상이 되도록 한다. 횡단거리가 넓어질수록(횡단차로수가 많아질수록) 최소녹색시간은 길어지게 되는데, 최소녹색시간에서 처리할 수 있는 차량의 용량도 비례해서 많아지게 된다. 그런데 그 현시에 교통량이 적어 최소녹색시간 동안 여유가 많다면, 다른 이동류는 대기시간이 길어져 비효율적이 된다. 이 경우에는 최소녹색시간을 고려하지 않고 교통량에 적합한 녹색시간을 결정하고, 보행자 횡단을 위한 전적신호 현시를 별도로 부여하는 것이 더 효율적일 수 있다.

2. 이론적 제안과정

직진교통량은 적는데, 보행자 횡단신호가 길어서 차량통행에 상당한 여유가 있는 현시가 있거나, 교차로의 전체적인 처리용량에 비해 교통량이 적어서 손실되는 녹색시간이 큰 경우에는 전적신호 현시의 추가와 현시시간의 재분할이 필요하다. 전적신호 현시추가 및 신호시간 설계를 위한 이론적인 분석과정을 다음과 같은 6단계로 제안한다.

- Step1 : 현시별 여유가능대수($V_{res}(i)$) 산정

여유가능대수($V_{res}(i)$)는 교통량이 용량에 비해 적어서 발생하는 여유녹색시간에 통행할 수 있는 교통량으로 용량과 실제 교통량의 차이가 된다.

$$V_{res}(i) = (\text{용량} - \text{실제교통량}) / (3,600 / \text{신호주기}) \quad (1)$$

- Step2 : 현시별 여유가능대수($V_{res}(i)$)를 여유녹색시간($T_{res}(i)$)으로 산정

여유가능대수($V_{res}(i)$)로부터 여유녹색시간($T_{res}(i)$)을 결정하는 것으로서 현시시간에서 여유가능대수의 비율을 이용하여 산정한다.

$$T_{res}(i) = \text{현시시간}(i) \times [\text{여유가능대수}(V_{res}(i)) / (\text{현시당 실제교통량} + \text{여유가능대수}(V_{res}(i)))] \quad (2)$$

- Step3 : 여유녹색시간($T_{res}(i)$)의 합산

산정된 각 현시별 여유녹색시간($T_{res}(i)$)을 전부 합(TT_{res})한다. 이때 n 은 현시수이다.

$$TT_{res} = \sum_{i=1}^n T_{res}(i) \quad (3)$$

- Step4 : 전적신호 현시의 추가 가능성 검토

여유녹색시간($T_{res}(i)$)의 합(TT_{res})이 전적신호 현시시간보다 클 경우에 현시 추가가 가능하다.

전적신호 현시의 추가 가능조건 : $TT_{res} > \text{전적신호 현시시간}$ (4)

이때의 전적신호 현시시간은 최소녹색시간과 동일하게 산정한다. 단, 대각선 횡단을 허용하면 횡단길이가 길어지게 되고, 횡단보행시간은 일반적인 도로 횡단시간 보다 조금 더 길게 나타난다.

- Step5 : 전적신호 현시 추가와 기존 현시시간 재조정

4단계의 가능조건을 충족한다면, 현시별 여유녹색시간의 합(TT_{res})이 전적신호 현시시간보다 더 많으므로 전적신호를 추가할 때는, 기존 현시의 현시시간은 통상적인 현시시간 산정방법을 이용해서 다음과 같이 재조정할 필요가 있다.

$$i\text{현시시간} = (\text{신호주기} - \text{전적신호 현시시간}) \times \frac{i\text{현시 이동류중 큰 소요현시율}}{\sum_{i=1}^n (i\text{현시 이동류중 큰 소요현시율})} \quad (5)$$

- Step6 : 전적신호와 기존의 보행자 녹색신호 중복 등화에 대한 검토

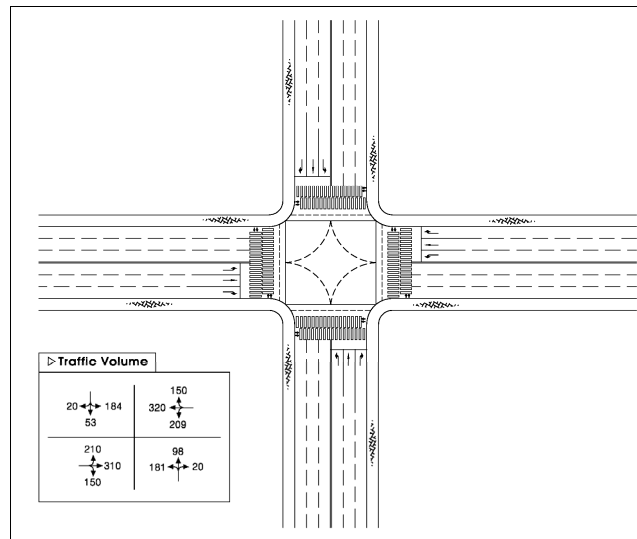
전적신호 현시를 추가하고 현시시간을 재조정된 후, 기존의 보행자 횡단신호와 평행한 직진 이동류의 현시시간을 비교한 결과 그 값이 최소녹색시간 이상이 되면, 이때도 보행자 신호가 등화되도록 운영한다. 횡단 보행자의 횡단 대기시간을 최소화하도록 한 주기내에서 중복 등화하는 방식으로, 횡단보행자 수를 감안하여 중복 운영할 수도 있다. 단, 편도 1차로 도로로 구성된 교차로에서는 차량통행을 방해하므로 적용할 수 없다.

IV. 적용방법에 대한 효용성 분석

전적신호의 추가는 신호교차로의 대기차량 기준으로 볼 때, 대기시간의 증대를 가져오는 단점이 있다. 그러나 대기시간의 증가가 별로 크지 않은 수준이라면, 보행자의 편의성을 위해 전적신호 운영은 필요하다고 판단된다. 앞서 제안된 방법의 효용성에 대한 검토는 신호교차로에서 현재 교통량을 고정해 두고, 전적신호 현시의 추가가능성을 검토하고, 현시시간 재조정에 따른 지체시간의 차이를 비교한 것이다.

1. 검토대상 신호교차로 선정

검토대상 신호교차로는 <Fig. 3>에서 나타내었는데, 4지 교차로로 각 접근로에는 편도 3차로의 도로가 접속되며, 150초 주기로 운영되는 신호교차로이다. 진행방향별 교통량은 <Fig. 3>내에 표기하였고, <Fig. 4>에 는 현시운영 상황을 나타내었다.



<Fig. 3> Case Study : Intersection and Traffic Volume

Phase	Ø 1	Ø 2	Ø 3	Ø 4	Cycle
Direction	↕↕↕↕	↙↘	↔↔↔↔	↗↖	-
Sec	25	40	40	45	150

<Fig. 4> Case Study : Intersection Signal Phase

2. 단계별 분석

전술한 6단계 절차에 따라 진행한 결과, 단계별 분석결과는 다음과 같다.

1) 현시별 여유가능대수($V_{res}(i)$) 산정

현시별 여유가능대수의 산정결과는 다음 <Table 1>과 같은데, 1현시에서 현시당 여유가능대수가 15대이며, 2현시 여유가능대수는 22대, 3현시 여유가능대수는 21대, 4현시 여유가능대수가 25대로 전체 83대의 여유가능대수가 있는 것으로 분석되었다.

<Table 1> Spare Volume of Left-turn Movement

Phase	Spare Volume(veh)
1	15
2	22
3	21
4	25
Total	83

2) 현시별 여유녹색시간($T_{res}(i)$) 산정

현시별 여유가능대수와 실제 교통량으로부터 여유녹색시간을 산정한 결과는 다음 <Table 2>와 같다. 한 주기중 1현시에서는 20초, 2현시는 29초, 3현시는 25초, 4현시는 33초로 분석되었다. 총 여유녹색시간은 107초이며, 현시당 평균은 27초이다.

<Table 2> Spare Green Time of Left-turn Movement

Phase	Spare Green Time(sec)
1	20
2	29
3	25
4	33
Total	107

3) 전적신호 현시 추가 가능성 검토

전적신호 현시시간은 최소녹색시간보다 더 길어야 하는데, 이는 대각선 횡단이 있기 때문이다. 도로가 직각으로 교차하는 교차로에서 대각선 횡단거리를 계산하였다. 거리를 가지고 아래의 최소녹색시간 산정식을 이용해서 필요한 전적신호 시간을 산정하였다. 초기진입시간을 10인 이상으로하고, 횡단보행속도를 1.0m/sec로 할 때 횡단 차로수에 따른 전적신호 최소현시시간은 <Table 3>과 같다.

검토대상 교차로가 3차로 교차로이므로, 필요한 최소 전적신호 시간은 32초가 된다. 여유녹색시간의 총합이 107초로 32초 보다 크므로, 기존 4현시에 전적신호 현시를 추가해서 5현시로 운영할 수 있는 것으로 나타났다.

$$T = t + L/V \tag{6}$$

T : 최소녹색시간(초) t : 초기진입시간(10인 이상 최소 7초, 10인 이하 최소 4초)

L : 보행자 (대각선)횡단거리(m) V : 보행속도(1.0m/sec)

<Table 3> Needed All-Red Phase Time

Lanes	Crossing Length(m)	Minimum All-Red Phase Time(sec)
1	9(8.5)	16
2	17(16.97)	24
3	26(25.46)	32
4	34(33.94)	41
5	43(42.42)	50

3. 4현시와 전적신호 포함 5현시의 비교검토

검토대상 교차로에 대하여 현행 4현시와 전적신호 포함 5현시의 운영결과를 Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(2013)에서 제시한 지체산정 공식을 이용하여 서비스수준으로 나타내었다. 5현시의 현시 시간은 <Fig. 5>에서 나타내었다. 3현시에서는 30초로 현시시간이 할당되어 보행자의 최소녹색시간을 초과하므로, 전적신호 현시와는 별도로 횡단보행자수를 감안하여 횡단보행신호를 중복 운영할 수도 있다.

Phase	∅ 1	∅ 2	∅ 3	∅ 4	∅ 5	Cycle
Direction						-
Sec	21	31	30	36	32	150

<Fig. 5> Added All-Red Phase on Case Study Intersection

동일 교통량, 동일 신호주기를 가지고 4현시 운영과 전적신호를 포함하는 5현시 운영안의 서비스수준을 분석한 것이 <Table 4>이다. 비교결과, 150초의 신호주기 중 32초를 전적신호에 할당해도 서비스수준은 포화 상태('E'수준) 이내를 유지하였으며, 접근로의 방향별 평균 지체시간도 1.3~21.8초 정도 약화되는 것으로 분석되었다. 차량 통행과 관계없는 전적신호 현시를 32초 할당하고서 지체수준 및 서비스수준을 비교하였을 때, 소통악화 현상이 심하게 나타나지는 않았고, 횡단보행자의 편의성 제공에 대한 효과가 더 클 것으로 예상되므로 전적신호를 포함한 5현시 신호체계 운영의 도입을 적극 검토할 수 있을 것으로 판단된다.

<Table 4> Compare L.O.S. of Case Study Intersection

Intersection Direction		South			East			North			West		
		Thru.	Left	Right	Thru.	Left	Right	Thru.	Left	Right	Thru.	Left	Right
4 Phase	Aver. Delay (sec/veh)	49.1	59.9	24.9	45.5	54.7	20.2	49.1	57.4	24.9	45.5	54.3	20.2
	L.O.S	C	D	B	C	D	B	C	D	B	C	D	B
5 Phase	Aver. Delay (sec/veh)	59.3	65.3	33	54.9	76.5	31.5	59.3	61.5	33	54.9	73.9	31.5
	L.O.S	D	D	C	D	E	C	D	D	C	D	E	C
Gap of Aver. Delay (4Phase-5Phase)		-10.2	-5.4	-8.1	-9.4	-21.8	-1.3	-10.2	-4.1	-8.1	-9.4	-19.6	-11.3

V. 결 론

전적신호 현시는 도시 통행량의 가장 큰 비중을 차지하는 보행자의 안전성과 편리성을 확보하기 위해 필요한 것으로, 차량통행에 대해 큰 악화가 없다면 전적신호 현시의 추가 운영을 적극적으로 검토할 필요가 있다. 전적신호 현시의 도입은 다음 3가지 경우에 해당한다.

- ① 교차로 횡단보행자 수가 차량을 이용한 교차로 통행자 수보다 많은 경우
- ② 4지교차로가 편도 1차로인 도로로 형성되고, 우회전교통량과 횡단보행자가 많은 경우
- ③ 직진신호에서 통과교통량이 최소녹색시간 동안 통과가능한 교통량에 크게 미달될 경우

본 연구에서 수행한 사례는 ③번으로서 현시시간과 교통량이 부적절하게 운영되고 있는 교차로를 개선하기 위한 경우이다. 즉, 보행자 횡단을 위한 최소녹색시간 등화때 평행한 직진교통량이 너무 적어서 비효율적 이므로, 전적신호 현시를 추가로 부여하고 현시시간을 재조정하는 이론적 적용방법을 6단계 제안하였고, 사례연구를 통해 효용성이 있음을 입증하였다. 단, 무리한 전적신호 현시의 추가가 차량소통에 큰 악화를 불러올 수 있으므로, 실제 통행량의 여유시간이 5현시 전적신호 시간보다 클 경우에 적용하도록 하는 제약조건을 두었고, 편도 3차로의 교차로를 대상으로 하였다.

6단계로 사례 분석한 결과를 보면, 전적신호 현시를 포함한 5현시체계를 도입해도 차량소통 악화는 1.3~21.8초 정도로서 미약한 편이며, 서비스수준이 크게 악화되지는 않는다. 반대로, 보행자의 교차로 대기시간이 감소하고, 중복 횡단보행신호를 제공함으로써 편의는 크게 좋아질 것으로 예상된다.

연구를 수행하면서, 자료의 한계와 시간부족으로 인해 교차로에서 나타나는 많은 상황을 다양하게 반영하지 못한 한계가 있었다. 즉, 편도 차로수별, 신호주기별, 현시 방향별 교통량 변화에 따른 다양한 분석과 보행자의 효용성을 검토하지는 못했다. 하지만, 전적신호 현시의 도입여건이 조성된 교차로에서는 긍정적인 검토가 필요하다. 이를 위해 4현시 운영보다 5현시 운영이 보행자뿐만 아니라 차량소통 측면에서도 유리한 조건이 무엇인지 등에 대해 지속적인 연구를 수행할 필요가 있다.

REFERENCES

- Bechtel A. K., MacLeod K. E. and Ragland D. R.(2004), "Pedestrian Scramble Signal in Chinatown Neighborhood of Oakland, California,"*Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, no. 1878, pp.19-26.
- Kattan L., Acharjee S. and Tay R.(2009), "Pedestrian Scramble Operations ; Pilot Study in Calgary, Alberta, Canada,"*Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, no. 2140, pp.79-84.
- Kim et al.(2010), "Effect of All-Red Clearance Interval on Intersection Right-Angle Crashes,"*Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 20, no. 1, pp.97-105.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(2013), *Highway Capacity Manual*, pp.258-273.
- Park et al.(2012), "Traffic Accident Reduction Effects of the All-Red Clearance Interval(ARCI) Operating,"*Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 30, no. 2, pp.21-27.