

# 보행신호 1주기 2회 부여 운영 방안 연구

## Study on the Application of Pedestrian Twice Crossing

채 희 철\* · 엄 대 룡\*\* · 윤 일 수\*\*\*

\* 주저자 : 도로교통공단 경기지부 안전연구원

\*\* 공저자 : 도로교통공단 경기지부 안전연구원

\*\*\* 교신저자 : 아주대학교 교통시스템공학과 교수

HeeChul Chae\* · Daelyoung Eom\*\* · Ilsoo Yun\*\*\*

\* Traffic Safety Researcher, Road Traffic Authority

\*\* Traffic Safety Researcher, Road Traffic Authority

\*\*\* Dept. of Transportation Eng., Ajou University

† Corresponding author : Ilsoo Yun, ilsooyun@ajou.ac.kr

Vol.19 No.3(2020)

June, 2020

pp.14~27

pISSN 1738-0774

eISSN 2384-1729

<https://doi.org/10.12815/kits.2020.19.3.14>

2020.19.3.14

Received 28 March 2020

Revised 24 April 2020

Accepted 17 May 2020

© 2020. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

### 요 약

우리나라 교통사고 사망자 중 보행자 사망이 높은 비율을 차지하고 있어, 정책적으로 보행 안전에 대한 관심이 높아지고 있다. 하지만 보행신호시간 계획의 경우 보행 편의 및 신호주기를 고려하지 않고 횡단보도 길이를 기준으로 보행신호시간을 적용하다 보니, 신호기가 설치된 폭이 좁은 부도로 횡단보도의 경우, 횡단거리에 비해 상대적으로 보행대기시간이 길어 보행자의 무단횡단을 유발하고 있다. 본 연구에서는 신호기가 설치된 부도로 횡단보도 중 불합리한 신호시간 계획으로 인해 보행자의 무단횡단이 많은 교차로를 대상으로 보행신호를 1주기 2회 부여하고 신호체계에 따른 운영적·안전적 효과를 정량적, 정성적으로 비교 분석하였다. 그 결과, 무단횡단과 보행대기시간이 감소하는 것으로 나타났으며, 보행신호시간 적용간격이 짧을수록 무단횡단은 감소하는 것으로 분석되었다. 다만, 보행자 노출에 따른 차량 상충위험이 있어 보행신호 1주기 2회 부여 운영에 대한 안전성 확대 방안을 제시하였다.

핵심어 : 보행신호 1주기 2회부여, 무단횡단, 보행대기시간, 보행신호 간격

### ABSTRACT

Pedestrian deaths account for a high percentage of deaths in traffic accidents in Korea, raising interest in pedestrian safety policy. However, since the walk signal time is applied based on the length of the crosswalk without considering the walker and the signal cycle, the walk waiting time is relatively longer than the crosswalk, causing pedestrian jaywalking. In this study, due to an unreasonable signal time plan during a road crossing where a signal is installed, the pedestrian's walk signal was given twice a cycle of crossings, and the operational and safety effects of the signal system were quantitatively and qualitatively analyzed, and the operational effects of the signal interval and jaywalking rate were assessed by different signal intervals. The results showed that jaywalking and waiting time decreased, and the shorter the interval between the application of the walk signal time, the less jaywalking is analyzed. However, there is a risk of vehicle conflict due to pedestrian exposure, and measures for expanding safety for operation were proposed.

Key words : Pedestrian Twice Crossing, Jaywalking, Waiting time, Pedestrian signal interval

## I. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

2019년도 교통사고 사망자 수는 3,349명으로 과거에 비해 큰 폭으로 줄었지만, 보행 중 교통사고 사망자 수(1,302명)가 38.9%로 여전히 많은 것으로 나타났다. 하지만 우리나라에서는 무단횡단 교통사고 예방 및 보행자의 편의 증진에 대한 연구가 타 연구에 비해 관심도가 낮고, 우리나라에 적용되는 보행신호시간 계획은 보행자 편의 및 신호주기를 고려하지 않고 횡단보도 길이에 기준한 신호시간을 적용하다 보니, 신호기가 설치된 폭이 좁은 부도로 횡단보도의 경우, 횡단거리에 비해 상대적으로 보행대기시간이 길어 보행자의 무단횡단을 유발하고 있다. 신호기가 설치된 횡단보도에서의 무단횡단 사고의 경우 보행자는 신호기가 설치되지 않은 횡단보도 사고와 달리 보호를 받기 어려운 실정이다. 보행자 편의를 고려하지 않은 보행신호시간 계획은 보행자를 보호 받지 못하는 무단횡단 사고위험에 지속적으로 노출시킬 가능성이 있다. 「보행사고 예방을 위한 안전시설 설치 가이드북」(NPA, KoROAD, 2017)에서는 보행자 대기시간 단축을 위한 보행신호 1주기 2회 부여하는 방안을 적용토록 가이드라인을 제공하고 있다. 보행시간 1주기 2회 부여는 신호 1주기 당 동일 방향 횡단보도에 보행신호를 2회 부여하는 신호체계이지만, 가이드라인에서는 운영효과 및 방법에 대한 구체적인 검증이 제시되어 있지 않다. 따라서 본 연구는 신호기가 설치된 폭이 좁은 부도로 횡단보도를 대상으로 보행신호 1주기 2회 적용에 대한 운영적·안전적 측면을 전·후 비교 분석 하여 보행자 교통사고 예방, 보행대기시간 단축 및 보행 편의 증대와 운영 효과를 극대화 할 수 있는 방안에 대해 제시해보고자 한다.

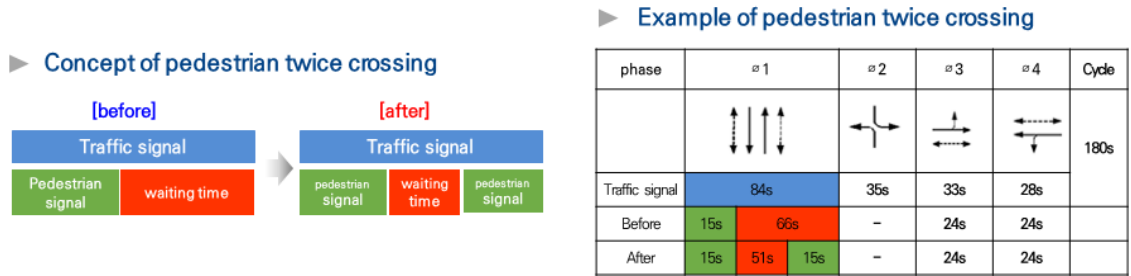
### 2. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 시간적 범위는 2019년 10월 ~ 11월 평일이며, 공간적 범위는 경기도 화성시 내 신호기가 설치된 폭이 좁은 부도로 횡단보도 중 잦은 무단횡단으로 인한 민원 및 사고위험이 높은 교차로를 대상으로 한다. 내용적 범위로는 보행신호 1주기 2회 운영에 따른 안전적·운영적 측면을 전·후 비교 분석하여 운영 적정성에 대해 평가를 제시하고자 한다. 수행절차는 연구 범위설정, 관련 이론 및 연구 고찰 시나리오 DB 작성, 적용 및 분석, 결론 등이다.

## II. 관련 이론 및 연구 고찰

### 1. 보행시간 1주기 2회 부여 개념

<Fig. 1>에서 보인 바와 같이, 보행시간 1주기 2회 부여(pedestrian twice crossing)는 신호 1주기 당 동일 방향 횡단보도에 보행신호를 2회 부여하는 중복 보행신호체계이다. 예를 들어 폭이 넓은 주도로와 폭이 좁은 부도로가 만나는 신호교차로의 경우, 주도로의 직진 현시의 녹색신호시간이 긴 편이다. 이때 부도로에 보행자 신호가 켜지는 데, 부도로의 폭이 좁기 때문에 보행신호 시간이 짧게 된다. 이때 보행신호를 다시 한번 더 준다면, 보행자가 다음 주기까지 막연히 기다리게 하는 일이 없도록 함으로써 무단횡단 위험을 예방하고 보행 편의를 증진하는 효과를 기대할 수 있다(NPA and KoROAD, 2017).



<Fig. 1> Concept of Pedestrian Twice Crossing

## 2. 선행 연구 고찰

Kim et al.(2002)은 보행자 가로횡단 특성과 횡단시간 분석에 관한 연구에서 토지이용 및 보행밀도에 대한 연구를 수행 하였다. 연구 결과, <Table 1>과 같이 보행자들이 횡단보도를 횡단할 때 횡단보행자 수가 많고 횡단보도의 폭이 좁아짐에 따라서 보행시간이 증가하는 것으로 나타났다.

<Table 1> Pedestrian Crossing Time according to Pedestrian Number and Crossway Width

Pedestrian Width×length	10 persons	20 persons	30 persons	40 persons
4m×15m	16.97 sec.	16.83 sec.	21.01 sec.	21.34 sec.
6m×15m	14.26 sec.	16.31 sec.	19.63 sec.	23.92 sec.
8m×15m	13.49 sec.	15.91 sec.	17.08 sec.	19.35 sec.
10m×15m	14.75 sec.	15.35 sec.	17.08 sec.	19.35 sec.
12m×15m	14.12 sec.	15.78 sec.	16.65 sec.	17.84 sec.

Shin et al.(2006)은 보행군 중 고령자를 대상으로 평지부 보도의 횡단보도 폭원별 횡단 보행속도 산출을 통해 고령자의 안전한 횡단통행을 위한 최소 녹색시간 산정 시 필요한 설계 횡단 보행속도를 제시하였다. 연구 결과, 고령자 횡단보행속도는 15th-Percentile 속도 값을 적용하여 왕복 2차로(폭원 10m 이하) 도로 횡단 시 0.88 m/s, 왕복 4차로(폭원 10~20 m) 도로 횡단 시 0.95 m/s, 왕복 6차로 이상(폭원 20m 초과) 도로 횡단 시 1.03 m/s로 나타났다.

Kim(2009)은 보행자 사고는 교차로 부근 횡단보도를 이용해야 함에도 불구하고 보행거리를 짧게 하기 위해 도로 위 중간부분에서 무단횡단을 시도하다가 발생하는 사고들이 많았다는 연구 결과를 제시하고 있다.

Kim et al.(2007)은 보행자들의 가장 보편적인 위법행위는 무단횡단이라고 규정하였고, King et al.(2009)은 보행자는 가급적이면 자신에게 편리하거나 기다릴 필요가 없는 곳에서 도로를 건너고 싶어 하는 경향으로 인해 무단횡단이 발생한다고 주장하였다.

Lin(1985)은 적색신호 시 우회전 허용(right turn on red, RTOR)을 허용하지 않는 교차로에서 우회전 차로를 설치하는 경우, 평균지체가 교차로 접근차량의 경우 10%, 우회전 차량의 경우 20% 감소한다고 하였다. 접근 차량의 40%가 우회전 차량의 경우 평균지체도 개선은 20~50% 정도이며, RTOR을 허용하는 경우 지체도는 감소하지만 직진차량이 많고 포화도가 1을 넘거나 초과하는 경우에는 운전자들은 RTOR이 거의 불가능하여 효과가 없었다. 직진차량이 많지 않은 경우 지체도 감소효과는 매우 큰 것으로 나타났다.

Yoon(2006)은 우회전 보조신호등 설치 전과 후 차량의 상충 및 속도 변화를 비교해본 결과 일반 교차로에

서는 차이가 거의 없었으며, 도류화 교차로에 교통섬이 설치된 곳에서는 보행자 상충이 보조신호등 설치 전보다 약 34% 감소되었고 차량 속도 또한 약 20% 감소한다고 하였다.

### 3. 본 연구의 차별성

선행 연구 결과를 종합해보면, 국내에서는 보행자 교통사고 예방 및 보행자의 편의 증진에 대한 운영 상의 한계를 인지하고 보행신호시간, 무단횡단 행태 및 우회전 차량과 보행자에 대한 연구를 수행하였다. 하지만, 보행신호 1주기 2회 부여를 적용한 구체적인 분석은 부족한 실정이다. 국외에서는 보행신호 1주기 2회 부여 운영 효과를 인정하고 그 적용을 확대해 나가고 있는 것을 고려한다면 이에 대한 연구가 강화될 필요가 있다고 판단된다. 또한, 신호운행을 담당하는 국내 실무자들 사이에서 보행신호 1주기 2회 부여 적용 간격에 대한 논란이 가중 되고 있는 바, 이에 대한 효과검증이 필요한 실정이다(Chae, 2020).

## Ⅲ. 자료 수집 및 데이터베이스 구축

### 1. 대상지 및 조사시간 선정

#### 1) 대상지 선정

본 연구는 신호기가 설치된 폭이 좁은 부도로 횡단보도를 선정하고 보행신호 1주기 2회 부여 및 적용간격에 따른 보행대기시간, 차량통과시간, 보행자와 우회전차량의 상충 및 무단횡단율을 전·후 비교함으로써 보행신호 1주기 2회 부여의 효율성 및 안전성에 대하여 평가하였다. 본 연구의 분석대상지는 경기도 화성시 영천동 소재 교차로이다. 해당 교차로는 동탄순환대로와 동탄순환대로 25길이 교차하는 교차로로서 주도로 도로폭 및 최소녹색시간 확보 등으로 인해 상대적으로 신호주기가 길며, 주택 및 상권이 밀집되어 있어 교통량 및 보행량이 많은 교차로이다. 해당 교차로는 긴 신호주기에 비해 횡단거리가 짧은 부도로를 포함하고 있어 잦은 무단횡단에 따른 사고 위험이 증대되고 있는 실정이다. 따라서 보행신호 1주기 2회 부여 효과를 평가하기에 적합하다고 판단된다. 교차로 모습 및 신호시간계획 현황은 <Fig. 2>와 같다(Chae, 2020).



phase	☉ 1	☉ 2	☉ 3	☉ 4	☉ 5	☉ 6
Cycle 220s						
Traffic signal	34(4)	68(4)	29(4)	28(4)	13	28(4)
pedestrian signal	-	25	-	32	13	25

Note: the unit of the numbers on the table is seconds.

<Fig. 2> Site Photograph and Signal Timing Plan of Intersection

2) 조사시간 선정

보행대기시간, 차량통과시간, 보행자와 우회전차량의 상충 및 무단횡단율에 대한 자료수집은 2019년 10월~11월 평일에 실시되었다. 정확한 분석을 위하여 보행신호 1주기 2회부여 적용 전과 후 동일 침두시 오전(07:00~09:00), 오후(18:00~20:00), 및 비점두(12:00~14:00)에 조사를 실시하였다.

2. 신호데이터 베이스 구축 및 데이터 수집

1) 신호데이터 베이스 구축

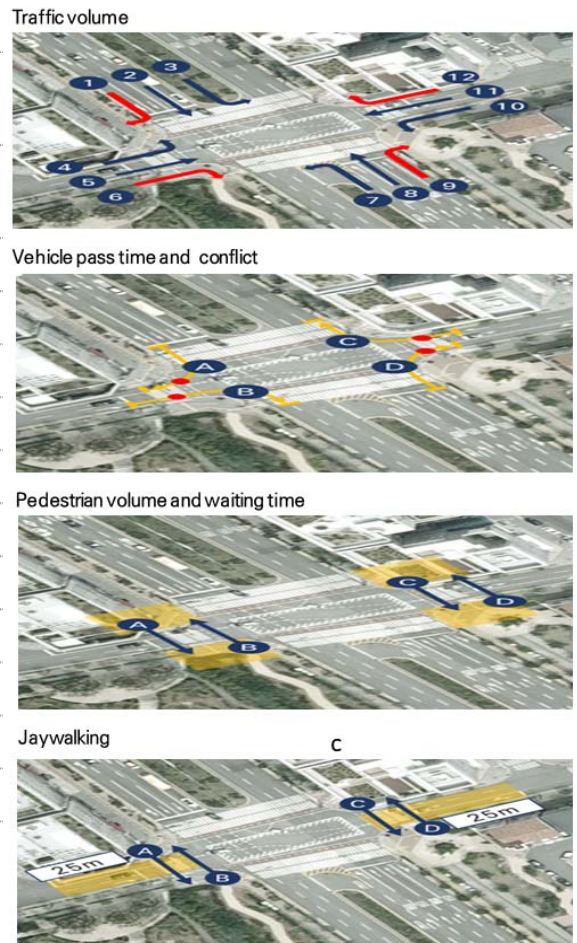
본 연구에서는 보행신호 1주기 2회 부여 및 적용간격에 따른 보행편의 및 운영효과의 분석을 위해 <Fig. 3>과 같이 교통신호 데이터베이스(DB)를 구성하였으며, 자료수집 및 분석에 정확도를 높이기 위해 자료수집 범위를 <Fig. 4>와 같이 지정하였다. <Fig. 3>에서 Case 1은 현재 사용되고 있는 신호계획을 의미하며, Case 2, Case 3은 보행신호 1주기 2회 부여를 시행한 상황을 의미한다. 이 때 Case 2와 Case 3의 차이는 횡단보도 별 보행신호 적용간격의 차이를 의미한다. 참고로, Case 2를 먼저 대상지에 적용하였고, Case 3을 그 후에 적용하였다.

Phase	⊙1	⊙2	⊙3	⊙4	⊙5	⊙6	
Signal Time	Before						
	After						
Peak time (am)	Signal	34(4)	68(4)	29(4)	28(4)	13	28(4)
	Case 1	-	25	-	32	13	32
	Case 2	20	18	20	65	20	32
	Case 3	20	70	20	13	20	32
Off time	Signal	34(4)	68(4)	29(4)	28(4)	13	28(4)
	Case 1	-	25	-	32	13	32
	Case 2	20	18	20	65	20	32
	Case 3	20	70	20	13	20	32
Peak time (pm)	Signal	46(4)	56(4)	29(4)	28(4)	13	28(4)
	Case 1	-	25	-	32	13	32
	Case 2	20	30	20	53	20	32
	Case 3	20	70	20	13	20	32

\* Comparative analysis of differences between walking signal intervals

Note: the unit of the numbers is seconds.

<Fig. 3> Database Scenario



<Fig. 4> Direction for Data Collection

2) 데이터 수집

보행신호 1주기 2회부여 적용 전·후 침두시 오전(07:00~09:00), 오후(18:00~20:00), 및 비침두(12:00~14:00)에 우회전 교통량, 우회전차량 통과시간 및 상충횟수, 보행교통량 및 대기시간, 무단횡단횟수를 영상수집을 통해 조사하였으며 15분 단위로 집계하였다. 수집된 15분 평균 우회전 교통량은 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Average Right Turn Volumes

Types	Case1 (vehicles/15 min.)				Case2 (vehicles/15 min.)				Case3 (vehicles/15 min.)			
	1	6	9	12	1	6	9	12	1	6	9	12
Peak time (am)	48	210	265	512	57	194	298	499	64	217	314	510
Off time	226	160	467	544	247	177	560	541	266	181	587	571
Peak time (pm)	292	166	533	453	278	183	474	497	329	176	538	528

Note : directions(1 ,6, 9, 12) are indicated on <Fig. 4>

보행신호 1주기 2회 부여와 우회전 차량의 통과시간 간의 영향을 조사하기 위해 우회전 차량 통과시간을 수집하였다. 여기서, 우회전 차량 통과시간은 우회전 진입 전 정지선에서 부도로 횡단보도 통과까지의 시간으로 설정하였다. 또한, 상충 횟수는 횡단보도 보행시간 중 횡단하는 보행자로 인한 우회전 차량의 정지횟수를 상충횟수로 집계 하였으며, 평균 15분 기준 차량 통과시간과 상충횟수는 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Average Vehicle Passage Times and Conflicts

Types		Case1				Case2				Case3			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Peak time (am)	Passage time (seconds/15min.)	9	13	15	9	10	10	16	12	9	12	16	12
	Conflicts (times/15min.)	2	3	5	5	2	2	6	7	3	3	6	7
Off time	Passage time (seconds/15min.)	10	13	14	9	11	14	17	11	10	13	17	12
	Conflicts (times/15min.)	3	3	5	5	4	4	7	9	4	3	8	10
Peak time (pm)	Passage time (seconds/15min.)	11	13	14	10	11	14	16	11	10	13	17	12
	Conflicts (times/15min.)	7	8	10	11	8	10	11	13	7	9	10	13

Note : directions(A, B, C, D) are indicated on <Fig. 4>

1주기 2회부여 적용 간격에 따른 보행자 대기시간을 도출하기 위하여 방향별 임의의 면적을 설정, 해당 범위에 도착하여 횡단보도를 진입하는 개별 횡단보도 보행자 대기시간을 비디오 촬영을 통해 조사 하였다. 단, 무단횡단 보행자의 경우 대기시간 산정에는 포함하지 않았다. 평균 15분 기준 보행자 수와 대기시간은 <Table 4>와 같다.

보행신호 1주기 2회 부여에 따른 보행자 무단횡단율을 비교하기 위하여 무단횡단 횟수를 조사하였다. 무

<Table 4> Average Pedestrian Volumes and Waiting Times

Type		Case1				Case2				Case3			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Peak time (am)	Pedestrian volumes (people/15min.)	13	17	23	18	13	18	23	16	14	16	24	16
	Waiting times (times/15min.)	108	116	108	114	71	70	71	73	69	75	76	66
Off time	Pedestrian volumes (people/15min.)	10	12	13	12	12	12	15	17	12	11	15	13
	Waiting times (times/15min.)	114	107	103	107	67	81	77	76	82	68	77	78
Peak time (pm)	Pedestrian volumes (people/15min.)	18	15	22	19	18	12	22	18	16	12	21	15
	Waiting times (times/15min.)	114	107	103	107	67	81	77	76	82	68	77	78

Note : directions(A, B, C, D) are indicated on <Fig. 4>

단횡단의 범위는 <Fig. 4>에서 보인 바와 같이 횡단방향 A, B의 경우 횡단보도에서 서측으로 25m까지, 횡단방향 C, D의 경우 동측 25m까지를 공간적 범위로 선정하였다. 무단횡단 보행자의 기준은 보행녹색시간이 아닌 적색시간에 횡단하는 보행자로 정의하였다. 수집된 평균 15분 기준 무단횡단 횟수는 <Table 5>와 같다.

<Table 5> Average Jaywalkings

Type	Case1 (times/15min.)				Case2 (times/15min.)				Case3 (times/15min.)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Peak time (am)	3	4	8	6	2	2	8	5	2	2	4	3
Off time	5	6	6	6	2	2	4	5	4	4	4	3
Peak time (pm)	9	8	8	7	3	2	5	4	5	4	3	2

Note : directions(A, B, C, D) are indicated on <Fig. 4>

## IV. 적용 결과 분석 및 평가

### 1. 적용 결과 분석

#### 1) 무단횡단을 변화

<Table 6>에서 보인 바와 같이 적용 전 전체 횡단보도에 대한 15분 단위 무단횡단율(무단횡단 횟수/보행자 수)은 평균 약 43%로 나타났으며, 적용 후 보행신호 1주기 2회 부여시 적용간격에 상관없이 무단횡단율이 약 19% 감소하였다. 시나리오별로 분석해본 결과 보행신호시간의 적용간격을 짧게 적용한 Case 2(A-B), Case 3(C-D)의 무단횡단율 감소가 각각 27%, 20%로 높게 나타나는 것으로 분석 되었다. 참고로 Case 2는 <Fig. 3>에서 제시한 바와 같이 동향(east bound) 접근로 상의 횡단보도에서 보행신호가 18초 간격으로 2번 켜지고, Case 3의 C-D는 서향(west bound) 접근로 상의 횡단보도에서 보행신호가 13초 간격으로 2번 켜진다.

<Table 6> Jaywalking Rates

Sections	A-B	C-D	Average	Remarks
Case1	45%	40%	43%	-
Case2	18% (-27%)	30% (-10%)	24% (-19%)	A-B (short interval)
Case3	29% (-16%)	20% (-20%)	25% (-18%)	C-D (short interval)

2) 보행대기시간 변화

<Table 7>에서 보인 바와 같이 적용 전 전체 횡단보도에 대한 보행대기시간은 약 95초로 나타났으며, 보행신호 1주기 2회 부여 시 적용간격에 상관없이 보행대기시간은 평균 약 30초 감소하는 것으로 나타났다.

<Table 7> Pedestrian Waiting Times

Sections	A-B	C-D	Average	Remarks
Case1	98s	92s	95s	
Case2	63s (-35s)	65s (-27s)	64s (-31s)	A-B (short interval)
Case3	64s (-34s)	67s (-25s)	65.5s (-29.5s)	C-D (short interval)

3) 상충횡수율 변화

<Table 8>에서 보인 바와 같이 적용 전 전체 횡단보도에 대한 15분 단위 상충횡수율(상충횡수/보행자수)은 평균 약 36%로 나타났으며, 적용 후 보행신호 1주기 2회 부여 시 적용간격에 상관없이 상충횡수율은 약 10% 증가하였다. 시나리오별로 분석해본 결과, 보행신호시간의 간격을 짧게 한 Case 2(A-B), Case 3(C-D)의 상충율이 각각 39%, 60%로 전반적으로 상승하였으며, 우회전 교통량 및 보행량이 많은 C-D 지점의 증가폭이 높은 것으로 나타났다.

<Table 8> Conflict Rates

Sections	A-B	C-D	Average	Remarks
Case1	32%	40%	36%	
Case2	39% (+7%)	54% (+14%)	47% (+11%)	A-B(Short interval)
Case3	29% (+7%)	60% (+20%)	45% (+9%)	C-D(Short interval)

4) 차량통과시간 변화

<Table 9>에서 보인 바와 같이 적용 전 차량통과시간은 약 22.5초로 나타났으며, 보행신호 1주기 2회 부여 시 적용간격에 상관없이 우회전 차량통과시간은 약 2초 증가하여 전반적으로 상승하고 있으나, 그 증가폭이 크지는 않은 것으로 나타났으며, 보행신호시간을 제외한 차량통과시간 중 우회전 차량이 통과를 하고 있어 통과시간에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

<Table 9> Vehicle Passage Times

Sections	A-B	C-D	Average	Remarks
Case1	22s	23s	22.5s	
Case2	23s (+1s)	26s (+3s)	24.5s (+2s)	A-B(short interval)
Case3	22s (-)	28s (+5s)	25s (+2s)	C-D(short interval)



5) 분석 결과 종합

보행신호 1주기 2회 부여 및 적용간격에 따른 분석결과, 보행자 보호를 받기 어려운 무단횡단의 경우 전체 적용 지점에 대해 평균 18%이상 감소하는 것으로 나타났으며, 보행신호 적용간격에 따른 비교분석 결과 보행신호시간의 간격을 짧게 한 횡단보도의 무단횡단 감소 폭이 큰 것으로 나타났다. 또한 무단횡단에 영향을 미치는 보행대기시간은 평균 30초 감소하여 보행대기시간 단축으로 인한 보행편의 및 무단횡단 감소 효과가 있는 것으로 나타났다. 반면, 보행신호 2회 부여시 보행자 노출로 인해 보행자와 우회전 차량의 상충횡수율은 평균 10% 증가하는 것으로 나타났으며, 우회전 교통량 및 보행자가 많을수록 상충의 증가폭이 큰 것으로 분석되었다. 상충으로 인한 우회전 차량의 평균 통과시간은 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

따라서 보행신호 1주기 2회 부여 시 보행편의 및 무단횡단 감소에 따른 보행자 편의 증진 효과는 높을 것으로 판단되나, 우리나라는 적색신호 시 우회전 허용(right turn on red, RTOR)이 실질적으로 사용되고 있어 우회전 차량에 대한 속도제한 및 통제가 어려운 상황으로 보행자 노출에 따른 차량과 보행자의 상충위험이 우려되어지는 부분이 있는 바, 보행신호 1주기 2회 부여를 확대하기 위해서는 우회전 차량에 대한 속도제한 및 적색신호 시 우회전 금지(no turn on red, NTOR) 도입을 통하여 상충횡수를 최소화하고 안전성을 증대시킬 수 있는 방안에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다. 또한, 해당결과는 특정 교차로에 대한 분석으로 동일한 기하구조, 주기, 교통량 및 보행량 조건에서는 결과 값을 활용하여 무단횡단 사고위험 감소 및 보행편의를 증진시킬 수 있으나, 위와 같은 문제로 인해 우회전 사고 위험이 우려되는바, 결과 값을 일반화하기 위해서는 많은 연구가 필요할 것이다(Chae, 2020).

2. 통계적 분석

1) 무단횡단율에 대한 대응표본 T-검정

T-검정을 통하여 보행신호 1주기 2회 부여 적용에 대한 무단횡단율을 대응 표본 t-검정을 통하여 비교분석을 실시하였다. 분석결과 <Table 10>과 같이 적용 전 무단횡단 평균은 0.4263이며, 적용 후 무단횡단 평균은 0.2426으로 평균 -0.1837 감소하였으며, <Table 11>에서 유의확률(sig.)이 0.000으로 유의수준 0.05보다 작게 분석되었다. 즉, 보행신호 1주기 2회 부여 전후에 무단횡단율이 차이가 없다는 귀무가설을 기각함에 따라 보행신호 1주기 2회 부여에 따른 무단횡단율 감소는 통계적으로 차이가 있는 것으로 나타났다.

<Table 10> Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Paired	Before installation	.4263	27	.14510	.02793
	After installation	.2426	27	.08574	.01650

<Table 11> Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Interval of the Difference(95%)				
				Lower	Upper			
Evaluation (before & after)	.18370	.13209	.02542	.13145	.23596	7.227	26	.000

2) 일원배치 분산분석

동일한 횡단보도 길이 및 신호시간을 적용하는 두 개의 횡단보도에 보행신호 간격에 따른 무단횡단율을 분석하기 위해 일원배치 분산분석을 실시하였다. 15분 단위의 무단횡단율(무단횡단횟수/보행자수)을 설정하였으며, 보행신호 시간 간격에 따른 무단횡단율의 차이를 통계적으로 비교 분석하고자 하였다.

<Table 12> Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Based on Mean	1.752	5	157	.126
Based on Median	1.428	5	157	.217
Based on Median and with adjusted df	1.428	5	123.286	.219
Based on trimmed mean	1.646	5	157	.151

<Table 13> Test of Homogeneity of Variances

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.572	5	.314	12.060	.000
Within Groups	4.092	157	.026		
Total	5.664	162			

분산의 동질성 검사 결과 <Table 12>와 같이 유의확률(sig.)은 0.126로 유의수준 5% 하에서 각 집단들의 모 분산이 같다는 귀무가설을 채택하게 되므로 각 집단들의 분산이 같다고 할 수 있으며, <Table 13>의 분산분석 표 분석결과 유의확률 0.000로 유의수준 0.05보다 작으므로 유의수준 5% 하에서 귀무가설을 기각하게 된다. 즉 보행신호 1주기 2회 부여에 따른 집단간의 차이는 있는 것으로 나타났다. 따라서 보행신호 1주기 2회 부여 간격에 따른 무단횡단율은 차이가 있다고 결론을 내렸다. 각 적용 시나리오별 어떠한 차이에서 기인하는지를 검토하기 위해 추가적인 duncan 분석을 실시한 결과 <Table 14>와 같이 적용 전과 적용 후에 대한 차이는 유의수준 0.05하에서 두드러지는 것으로 나타났다. 적용 전(Case 1) 무단횡단율은 통계적 차이가 없는 것으로 나타났으며, 적용 후 신호간격이 짧은 Case 2(A-B), Case 3(C-D)와 신호간격이 긴 Case 2(C-D), Case 3(A-B)의 무단횡단율 차이는 유의수준 0.05하에서 두드러지게 나타났다. 따라서 무단횡단율은 보행신호시간 부여 간격과 연관성이 있으며, 부여 간격이 짧을수록 무단횡단율 감소에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

<Table 14> Duncana Analysis

Jaywalking rate		N	Subset for alpha = 0.05		
			1	2	3
Case2	A-B	27	.1848		
Case3	C-D	27	.1967		
Case3	A-B	27		.2911	
Case2	C-D	27		.2993	
Case1	C-D	27			.4000
Case1	A-B	27			.4532
Sig.			.787	.853	.226

### 3. 정성적 분석결과

#### 1) 조사 개요

보행신호 1주기 2회 부여 시 보행시간 단축에 따른 보행편의 증진 및 무단횡단 감소에 따른 사고위험은 정량적, 통계적으로 감소되는 것으로 나타나고 있으나, 안전적 측면에서 보행신호 2회 부여에 따른 차량과의 상충 횡수가 증가하고 있어 적용에 따른 보행자의 안전성에 대한 보완이 필요하다. 따라서 횡단보도를 이용하는 보행자에 대한 편리성, 만족도, 안전성에 대해 <Table 15>와 같이 설문을 실시하였다.

<Table 15> Survey Summary

Survey Step	Content
Method	Interpersonal interview
Classification	Convenience, safety, Satisfaction
Form Settings	Five-point measure
Sampling	Random sampling
Preparing	Field survey
Analysis & Result	Recording and Analysis & Aggregation

#### 2) 조사항목 결정 및 표본수 산정

횡단보도를 이용하는 보행자를 대상으로 보행신호 1주기 2회 부여에 대한 이용환경, 편리성, 안전성, 만족도에 대한 세부항목은 <Table 16>과 같으며, 적정 표본수 산정은 「교통조사 지침」에 근거하여 신뢰도 95%, 오차한계 5% 이내 적정 표본 수 이상 산정하였다(MOLIT, 2020).

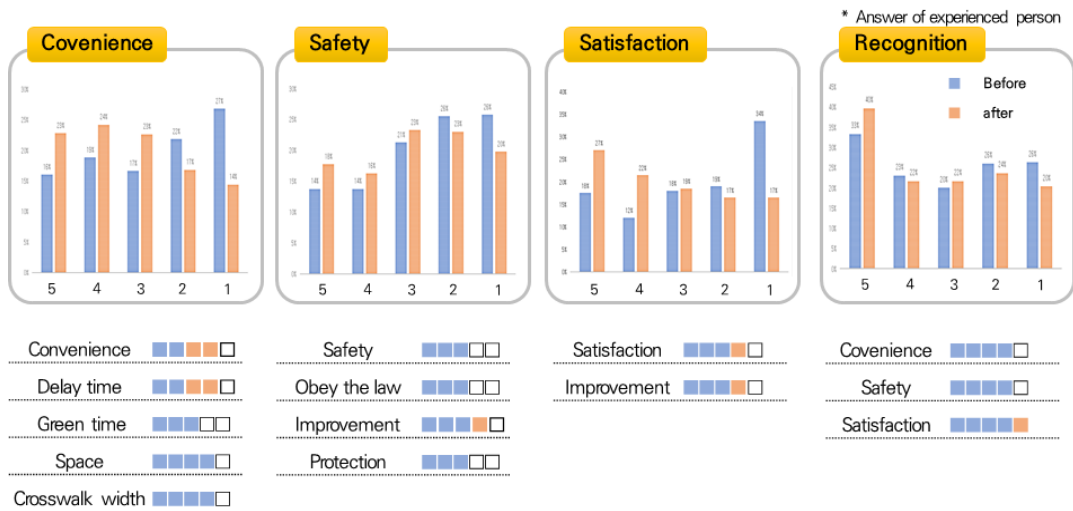
<Table 16> Detailed Survey List

Classification	Detailed survey list
Basic information	gender, age, residence, purpose, number time
Convenience	waiting time, Pedestrian green time, Environment, Crosswalk Width
Safety	of law, accident risk, Pedestrian safety awareness
Satisfaction	Overall satisfaction with utilization and improvement

#### 3) 분석결과

보행신호 1주기 2회 부여 적용 전·후 횡단보도 이용에 대한 편리성, 안전성, 만족도 결과는 <Fig. 5>와 같이 나타났다. 적용 후 편리성 부분에서 보행자의 만족도가 전체적으로 상승하였으며, 대기시간 개선에 따른 만족도가 가장 높게 나타났다. 이는 대기시간 단축에 따른 보행편의 개선으로 판단된다.

적용 후 안전성 부분에서 보행자 만족도는 전반적으로 상승하고 있으나, 그 증가폭이 미미하며 가장 위험한 요소 중 하나로 응답자의 56%이상이 우회전 차량으로 응답하였다. 보행신호 1주기 2회 부여에 대한 전반적 만족도는 10%이상 상승하는 것으로 나타났다. 조사결과 대기시간 및 보행편의에 대한 만족도는 높게 나타나고 있으나, 반복 노출 및 법규준수 문제로 인한 보행자의 사고위험 만족도가 낮게 나타나고 있는 바, 안전성을 증대 시킬 수 있는 방안에 대한 연구가 지속적으로 필요할 것으로 판단된다.



<Fig. 5> Result of Survey

## V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 신호기가 설치된 폭이 좁은 부도로 횡단보도 중 보행자의 무단횡단이 많은 교차로를 대상으로, 보행신호 1주기 2회 부여에 따른 운영적·안전적 효과를 정량적, 정성적으로 비교하였으며, 보행신호 간격에 대한 차이를 통계적으로 분석하였다.

보행신호 1주기 2회 부여에 대한 정량적 비교 결과, 적용 후 보행대기시간 및 무단횡단을 감소에 대한 운영효과가 높은 것으로 분석되었다. 보행대기시간은 평균 약 30초 감소, 무단횡단을 약 19%의 감소율을 나타냈다. 다만 보행자와 차량간의 상충횡수율은 증가되었으나, 그 증가폭은 크지 않았으며, 차량통과시간은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 보행신호시간 간격에 대한 무단횡단을 비교한 결과, 보행신호 1주기 2회부여 적용 후 무단횡단 감소는 통계적으로 차이가 있는 것으로 나타났으며, 보행신호 시간 간격이 짧을수록 무단횡단은 통계적으로 감소하는 것으로 나타났다.

보행신호 1주기 2회 부여 시 보행시간 단축에 따른 보행편의 증진 및 무단횡단 감소에 따른 사고위험은 정량적으로 감소되는 것으로 나타나고 있다. 안전적 측면에서 보행신호 2회 부여에 따른 차량과의 상충 횡수가 증가하고 있어 적용에 따른 보행자의 만족도 및 안전성에 대한 보완이 필요하다. 따라서 횡단보도를 이용하는 보행자에 대한 정성적 조사를 실시한 결과 편리성, 만족도에 대해서는 보행신호 1주기 2회 부여시 만족도가 높은 것으로 분석되었으나, 안전적 측면에서 우회전 차량에 대한 사고위험이 높게 나타났다.

따라서 보행신호 1주기 2회 부여는 보행자에게 편리성 및 무단횡단 사고 위험성은 감소하는 것으로 나타나고 있으나, 현재 우리나라는 RTOR이 만연하고 있어 우회전 차량에 대한 보행자 사고위험에 보행자는 항시 노출되어 있는 상황이므로 확대방안에서 제시한 우회전 차량에 대한 운영적, 법규적 연구가 시급히 이루어져야 할 것이다.

본 연구는 보행신호 1주기 2회 부여의 운영 효과를 살펴보는 것이 주요 목적이다. 하지만, 이를 위하여 본 연구에서는 단지 한 개의 교차로에 대하여 적용하여 그 결과를 도출한 바 있다. 따라서 다음과 같은 한계를 가지고 있다. 첫째, 한 개의 교차로에서 실험한 결과를 가지고 모든 상황에 대하여 보행신호 1주기 2회 부여가

효과를 가져올 수 있을 것으로 성급한 결론을 내리기 어렵다. 따라서 본 연구의 결과를 바탕으로 보다 다양한 환경에 있는 다수의 신호교차로에 보행신호 1주기 2회 부여를 지속적으로 실험하고 보행자들과 운전자들의 인식을 주도면밀하게 살펴볼 필요가 있다. 둘째, 본 연구는 특정 교차로에 대한 분석 및 RTOR 상황에서 우회전 차량과 보행자의 상충에 대한 사고위험을 고려하지 않은 결과로, 보행신호 1주기 2회 부여의 안전하고 원활한 운영을 위해서는 교차로 여건에 맞는 적용기준 및 운영방안에 대한 연구가 향후 이루어져야 할 것이다. 보행신호 1주기 2회 부여는 횡단보도를 이용하는 보행자에게 만족을 주는 운영방법으로 적용 대상 및 기준에 대해 지속적으로 연구 검토하여 보행자 안전과 교통운영의 적절한 기준을 마련할 수 있기를 기대해 본다. 마지막으로 최근 일명 “민식이법” 등의 통과로 인해서 어린이 보호구역 내 정온화 기법 들의 적용이 법적으로나 사회적으로 어느 때보다 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서 제시된 보행신호 1주기 2회 부여 방안을 어린이 보호 구역의 정온화 기법으로서 적용해보는 것도 타당하다고 판단된다. 왜냐하면, 지금까지 많이 언급된 교통정온화 기법들은 대부분 연석 연장 등 도로기하구조 변경과 같은 물리적인 대안이 대부분을 차지하고 있다. 이러한 물리적인 대안과 함께 본 연구에서 제안하고 있는 보행신호 1주기 2회 부여와 같은 신호운영 측면의 대안을 결합한다면 시너지 효과가 있을 것으로 판단된다. 따라서, 향후에는 이러한 부분, 즉 교통정온화 기법 적용과 관련하여 물리적 대안과 운영적 대안의 융화 방안에 대한 연구를 추가적으로 수행할 필요가 있다고 판단된다.

## ACKNOWLEDGEMENTS

이 논문은 채희철의 2020년 아주대학교 교통·ITS대학원 석사학위 논문을 토대로 작성하였습니다.

## REFERENCES

- Chae H.(2020), *Study on the Effective Application of Pedestrian Twice Crossing*, Master Thesis, Ajou University.
- Kim C. M.(2009), “Analysis of Pedestrian Traffic Accidents in U.S. Metropolitan Area and Countermeasures for Securing Safety,” *Monthly KOTI Magazine on Transport*, pp.84-89.
- Kim K., Brunner I. M. and Yamashita E.(2007), “Modeling violation of Hawaii’s crosswalk law,” *Elsevier(Accident Analysis & Preventions)*, pp.894-904.
- Kim T. H., Woon J. M. and Lee S. I.(2020), “An Analysis of the Pedestrian Walking Time and Crossing Behavior Characteristics,” *Korea Planners’ Association*, vol. 37, no. 7, pp.169-180.
- King M. J., Soole D. and Ghafourian A.(2009), “Illegal pedestrian crossing at signalised intersections: Incidence and relative risk,” *Elsevier(Accident Analysis & Preventions)*, pp.485-490.
- Korean National Police Agency(NPA) and Road Traffic Authority(KoROAD)(2017), *Guidebook for Safety Facilities to Prevent Pedestrian Accidents*.
- Korean National Police Agency(NPA)(2011), *Traffic signal Installation Management Manual*.
- Lin F. B.(1985), *Right-Turn-On-Red Characteristics and Use of Auxiliary Right Turn Lanes*, Transportation Research Record 1010, National Research Council, Washington D.C.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2018), *Road Area Design Guide*.

- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2019), *Guidelines for the Installation and Management of Traffic calming facilities*.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2020), *Korea Planners' Association, Rules on the criteria for the structure and facilities of a road*.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2020), *Traffic survey guidelines*.
- Shin H. S., Jang T. Y. and Kim C. S.(2006), "Evaluation for walking speed of elderly pedestrian at crosswalk of signalized intersection," *Symposium of Korean Society of Transportation*, vol. 20, no. 3, pp.730-739.
- Yoon H. C.(2006), *A Study of how secondary traffic lights are used to direct right-turning cars on at intersections, major*, Graduate School of Urban Science, University of Seoul.