

# 교차로 유형별 대각선횡단보도 설치효과 분석 (차량소통측면)

## Analysis of the Effects of Scrambled Crosswalk Installation Depending on the Types of Intersections Using VISSIM

정도영 Jung, Doyoung  
이동민 LEE, Dongmin  
전진우 Jun, Jinwoo  
한대철 HAN, Daecheol

정회원 · 한국건설기술연구원 연구원 (E-mail : jdy@kict.re.kr)  
정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : dmlee@uos.ac.kr)  
서울시립대학교 박사과정 (E-mail : jinu305@uos.ac.kr)  
정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 (E-mail : dchan@kict.re.kr)

### ABSTRACT

**PURPOSES :** In this study, the effects of installation of diagonal crosswalks on traffic flow depending on the types of intersections are analyzed.

**METHODS :** Scrambled crosswalks have advantages in the traffic safety. Therefore, a comparative analysis of the overall average delay before and after installation of the scrambled crosswalk was conducted using VISSIM.

**RESULTS :** The overall average delay for the scrambled crosswalk decreased when the traffic volume ratio of the major to the minor street is 1: 6 in 2-by-1 and 3-by-1 types of intersections. The scrambled crosswalk improved efficiency of traffic operation in intersections: higher traffic volume for a major street, lower traffic volume for a minor street, and longer cross-distance for a major street.

**CONCLUSIONS :** This study can be used to determine when a scrambled crosswalk should be installed to improve operational efficiency.

### Keywords

Scrambled Crosswalk, VISSIM, Types of intersection, Average Delay, Paired t-test

Corresponding Author : LEE, Dongmin, Associate Professor  
Department of Transportation Engineering, University of Seoul,  
Seoulsiripdae-ro 163, Seoul, 02504, Korea  
Tel : +82.2.6490.2827 Fax : +82.2.6490.2819  
E-mail : dmlee@uos.ac.kr

International Journal of Highway Engineering  
http://www.ksre.or.kr/  
ISSN 1738-7159 (print)  
ISSN 2287-3678 (Online)  
Received Oct. 19, 2016 Revised May, 16, 2017 Accepted May, 17, 2017

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

각종 도시교통 개선사업은 비단 차량 소통능력의 증대뿐만 아니라, 보행자의 안전과 통행편의 증대에도 그 목적이 있다. 특히 보행자가 많은 상업지역 등의 신호교차로에서 보행안전과 통행편의를 증대하려는 노력은 전 세계적으로 진행되고 있는 추세이다.

보행안전을 위한 대표적인 대책 중의 하나는 일본에

서 1960년대 말 시행된 대각선 횡단보도 (Scrambled Crosswalk)다. 국내에서는 1980년대 말부터 제안된 대각선 횡단보도는 보행전용현시(Exclusive Pedestrian Phase)를 설정하여 보행자가 많은 지역에서는 보행 대기시간을 감소시키고 보행 안전을 증진하지만, 현시수의 증가와 차량 소통능력 저하, 차량지체로 인한 대기오염 등의 단점을 가지고 있는 것으로 알려져 있다.

그 이유는 대부분의 연구결과에서 대각선횡단보도는

기존 현시체계에서 보행전용현시가 추가됨에 따라 차량 소통측면에서 교차로 지체도를 증가시키는 것으로 결론 지었기 때문이다. 그러나 본 연구에서는 대각선흥단보도를 설치함으로써 보행전용현시가 추가적으로 발생하여도 교차로 지체도가 오히려 감소할 수 있는 교차로 유형과 교통량이 있음을 상정하고 이를 분석하고자 한다.

교차로 신호계획 수립에 있어서 부도로의 녹색시간은 주도로를 횡단하는 보행자의 녹색시간에 영향을 받는다. 주도로의 녹색시간 또한 부도로를 횡단하는 보행자의 녹색시간에 영향을 받지만, 도로위계상 주도로는 부도로에 비해 교통량이 많고 부도로는 비교적 차로수가 적기 때문에 부도로의 횡단시간에 영향을 크게 받지 않는다. 그러나 부도로의 좌회전 또는 직진 교통류의 녹색시간은 최소한 주도로를 횡단하는 보행녹색시간보다 커야 한다. 이로 인해 부도로에서 진출하는 교통량이 많지 않더라도 일정시간 이상의 녹색시간을 부여하여야 하므로 신호계획에 있어서 불필요한 시간이 발생하게 된다. 따라서 주도로의 용량이 초과되어 전체 교차로 서비스 수준(LOS, Level of Service)은 감소하게 된다.

그러나 대각선흥단보도를 설치하게 되면 보행전용현시에서 횡단보행자를 모두 소거시킬 수 있기 때문에 위와 같은 최소녹색시간의 제약은 받지 않고 실제 교통량에 따라 신호계획을 수립할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 VISSIM 프로그램 분석을 통해 대각선흥단보도 설치 전·후의 평균차량지체(sec/veh)를 비교분석하였다. 분석결과를 토대로 대각선흥단보도를 설치함으로써 교차로 서비스수준(LOS)을 향상시킬 수 있는 교차로 유형과 주도로·부도로 교통량 비율을 찾고자 하는 것을 목적으로 한다.

## 1.2. 연구의 범위

### 1.2.1. 내용적 범위

대각선흥단보도는 차량과 보행자를 완전히 분리시켜 보행자의 안전 및 편의성을 높이는데 주목적 있다. 그러나 본 연구는 대각선흥단보도를 설치함으로써 교차로 지체도를 감소시킬 수 있는 교차로 유형 및 교통량을 찾는 것이 목적이기 때문에 보행자의 안전, 이동편의 등을 고려하지 않고 차량소통측면에서 대각선흥단보도 설치 효과를 분석하였다.

또한 교차로 서비스수준(LOS)의 평가기준(MOE, Measure of Effectiveness)인 평균차량지체(sec/veh)로 대각선흥단보도 설치효과를 비교분석하였다.

### 1.2.2. 공간적 범위

본 연구의 분석대상 교차로는 3지 교차로를 제외하고, 4지 교차로를 분석대상으로 설정하였다. 주도로와 부도로의 차로수 차이와 교통량 차이가 분석결과에 큰 영향을 미칠 것으로 예상되기 때문에 주도로와 부도로의 차로수를 기준으로 교차로의 유형을 구분하였다(교차로 유형 분류는 3장에서 자세히 기술하였음).

국내에 대각선흥단보도 설치사례 검토 결과, 편도 4차로 이상인 교차로에서는 대각선흥단보도를 설치한 사례가 없으므로 본 연구에서는 편도 1~3차로 도로가 접속하는 교차로를 분석대상으로 하였다.

## 1.3. 연구수행절차

국내외 대각선흥단보도 설치 기준 및 사례를 검토하고, 차량소통측면에서 연구한 기존문헌고찰을 수행하였다. 이를 통해 대각선흥단보도를 설치하였을 때 발생하는 일반적인 문제점을 분석하고, 본 연구의 방법론을 정립하였다. 연구의 방향에 맞도록 VISSIM 시뮬레이션을 구현하여 분석하고, 대각선흥단보도 설치 후 교차로 LOS가 향상되는 교차로 유형 및 주도로·부도로의 교통량 비율을 도출하였다.

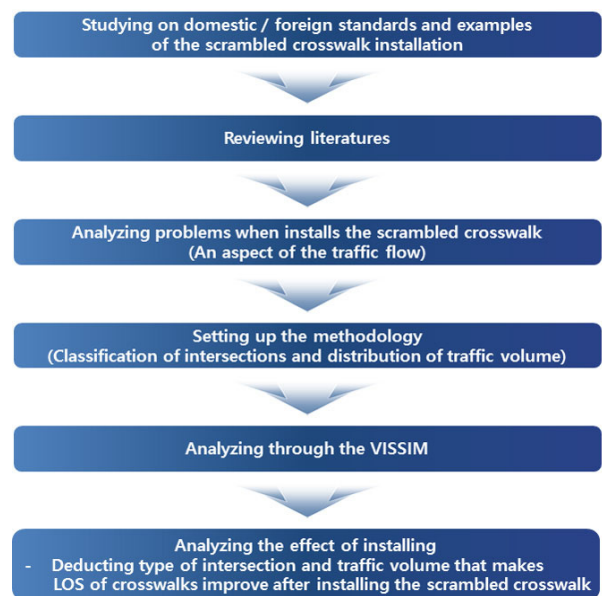


Fig. 1 Process of Study

## 2. 기존연구고찰

### 2.1. 대각선흥단보도 설치 기준 및 사례 검토

#### 2.1.1. 국내외 대각선흥단보도 설치기준 검토

국내 교통안전시설실무편람의 대각선 횡단보도 설치

기준을 살펴보면, “보행자가 대각선으로 횡단할 필요가 있는 교차로에 설치하며, 횡단보도의 폭은 교차로 횡단보도의 폭과 동일하게 한다.”로 되어 있다. 또한 경찰청 및 도로교통공단의 교통안전시설실무편람에서는 대각선횡단보도를 필요한 교차로에 대해서 설치하도록 하고 있으며 대각선횡단보도의 폭은 교차로 횡단보도의 폭과 동일하게 설치하도록 하였다.

일본, 미국, 영국 등에서는 대각선 횡단보도 형태의 기준은 있으나, 장소 선정을 위한 정량적인 기준은 마땅히 제시되어 있지 않다. 일본의 경우는 정성적인 설치기준을 통하여 설치하고 있으며, 호주에서는 부분적인 정량적 기준(정성적인 기준과 동시에 고려)을 제시하고 있다.

일본의 대각선횡단보도 설치기준을 요약하면 다음과 같다.

- 역 또는 학교 주변의 통근, 통학에 의한 보행자가 많은 곳에 설치한다.
- 백화점, 상가 등이 밀집한 변화가로서 여유있는 보행이 보장되어야 할 곳에 설치한다.
- 보행자가 많아 차량의 우회전에 지장을 초래하거나 안전상 문제가 있어 오히려 보행전용 시간을 제공함으로써 차량의 흐름에 원활을 도모할 수 있다고 판단되는 지역에 설치한다.
- 교통사고가 빈번하여 민원이 많은 지역, 기타 현장 여건, 주민성향에 따라 판단, 설치한다.

호주의 Traffic Management Guideline for Traffic Signals을 보면, 일본보다는 보다 구체적인 설치기준을 제시하고 있으며, 일부 정량적인 기준도 제시하고 있으며, 그 내용을 살펴보면 다음과 같다.

- 교차하는 도로가 주요 도로가 아니어야 한다.
- 교차로는 CBD 또는 상업지구 내에 있어야 한다.
- 통과하는 교통류의 대안도로가 해당도로보다 등위 또는 상위급의 도로이어야 한다.
- 대각선 횡단보도는 설치 이전의 신호운영이 단순 2현시 형태이어야 한다.
- 주중의 하루 4시간(연속 또는 불연속) 이상, 시간당 모든 방향에서 200명 이상의 보행자와 400대 이상의 회전교통량이 있어야 한다.

## 2.1.2. 국내 대각선횡단보도 설치사례 검토

대각선 횡단보도는 1980년대 이후부터 보행자에 대한 문제가 거론되어, 1980년대 말에 오스카극장 앞 교차로에 설치하였고, 1984년에 서이초등학교 앞 교차로 및 명보극장 앞 교차로 등 2개 지점에 설치한 이후, 1998년에는 총 6개소, 2006년에 전국에 30개소가 운영 중에 있다. 그 예로 서울 시내에 대각선 횡단보도가 설치·운영되고 있는 주요 지점과 교차로 도로규모 및 지역적 특성은 다음 Table 1과 같다.

Table 1. Main sites of Scrambled Crosswalk in Korea

Category Shape	Installing points	Size of intersection (Main road×1lane, one way approach road)	Regional characteristics
Two-way street × Two-way street	Amsa Station	2lanes(One way)× 2lanes(One way)	Business
	Sinchon Hyundai Department Store	1lanes(One way)× 1lanes(One way)	Business
	Gyung-dong Market	3lanes(One way)× 3lanes(One way)	Business
	Hankuk Univ. of Foreign Studies	2lanes(One way)× 2lanes(One way)	Business
	Junngnang-gu Office	3lanes(One way)× 2lanes(One way)	Business
	Seoi Elementary School	2lanes(One way)× 2lanes(One way)	Residential
Two-way street × One-way street	Myungbo Theater	1lanes(One way)× 3lanes	Business
	Yeouido Stock Exchange	1lanes(One way)× 3lanes	Business
	Kookmin Bank Yeouido branch office	1lanes(One way)× 3lanes	Business
	Anam Station (Korea University)	2lanes(One way)× 1lanes	Business
	Jung-gu Office	2lanes(One way)× 3lanes	Business

## 2.2. 국내외 연구 검토

손규홍(1997)<sup>1)</sup> 등은 대각선 횡단보도의 정량적인 설치기준을 정립하기 위하여 이상적인 조건에서의 왕복 4차로 4지 교차로를 대상으로 각 현시별 임계차로 교통량의 합을 600~1,800대로 변화를 주고, 동시신호와 선행좌회전 신호로 구분하였으며, 교통량과 보행량의 비율이 1:1인 경우와 1:2인 경우로 구분하여 실험적 시뮬레이션 방법을 적용하였다. 이 연구는 TRANSYT-7F 모형을 적용한 교차로 평균차량 지체도와 보행지체모형을 정립하여, 교차로 평균 보행지체도와와의 관계를 변수로 하여 대각선 횡단보도의 정량적 설치기준을 Table 2

1) 손규홍 외 2명, 대각선 횡단보도의 정량적 설치기준에 관한 연구, 대한교통학회지, 1997

와 같이 제시하였다. 그러나 보행지체와 차량지체를 함께 분석한 결과는 편익이 발생하는 경우가 있었지만, TRANSYT-7F를 이용하여 분석한 교차로의 평균차량지체는 대각선행단보도를 설치 후의 평균차량지체가 설치 전에 비해 항상 높게 분석되었다.

Table 2. Quantitative Warrant of Scrambled Crosswalk (Son, 1997)

Division	Traffic volume: Pedestrian volume = 1:1	Traffic volume: Pedestrian volume = 1:2
Simultaneous signal	When diagonal crossing ratio=20~40, $\sum C V_i = 1,050 \sim 1,150$ , the delay reduction benefit is occurred	When diagonal crossing ratio=20~40, $\sum C V_i = 1,150 \sim 1,200$ , the delay reduction benefit is occurred
Precedence left-turn signal	When diagonal crossing ratio=20~40, $\sum C V_i = 600 \sim 750$ , the delay reduction benefit is occurred	When diagonal crossing ratio=20~40, $\sum C V_i = 750 \sim 900$ , the delay reduction benefit is occurred

장용준(2007)<sup>2)</sup>은 임계차로 교통량의 합과 보행량, 도로규모의 조건에 따라서 대각선행단보도 설치 전·후의 차량지체도를 분석하여 각각의 조건 변화에 따른 교차로 서비스수준(LOS)를 분석하였다. 그 결과 모든 경우에서 대각선행단보도를 설치한 후 차량지체도는 증가하는 것으로 분석되었고, 대각선행단보도를 설치하더라도 운전자들이 받아들일 수 없는 과도한 지체상태의 기준을 설정하여 그 기준을 제시하였다.

Zong Z. Tian(2001)<sup>3)</sup>은 교차로에 보행전용현시(Exclusive Pedestrian Phase)의 추가효과를 연구하였는데, 차량의 수요에 맞출 수 있는 시간( $T_a$ )과 보행전용현시시간( $t_a$ )의 비  $\gamma(T_a/t_a)$ 의 값이 커질수록 교차로에서 보행전용현시를 운영하는 것이 일반 신호운영보다 효율적일 수 있다는 결론을 도출하였다.

### 2.3. 본 연구의 의의

손규홍(1997), 장용준(2007)의 연구는 주도로와 부도로의 차로수 및 교통량을 같다고 가정하여 차량지체를 분석하였기 때문에 주기에 보행전용현시가 추가되는 대각선행단보도 운영시에 차량지체가 항상 증가하는 것으로 분석되었다. 또한 Zong Z. Tian(2001)의 연구는  $\gamma$

값에 따라 대각선행단보도를 운영하는 것이 효율적일 수 있다는 결론을 도출하였다.

본 연구에서는 주도로와 부도로의 차로수 및 교통량을 각 조건별로 달리하여 VISSIM을 통해 대각선행단보도 설치 전·후의 평균차량지체를 분석하였다. 특히 각 조건별로 대각선행단보도 설치 전은 최소녹색시간을 적용하여 신호계획을 수립하여 분석하고, 대각선행단보도 설치 후는 최소녹색시간의 고려없이 실제 교통량에 따라 신호계획을 수립하여 분석하였다. 이를 통해 대각선행단보도 설치 후에 평균차량지체가 감소하는 교차로 유형 및 교통량을 도출해냈다.

## 3. 방법론 정립

### 3.1. 연구의 가정

본 연구는 대각선행단보도를 설치함으로써 최소녹색시간을 고려하지 않고 신호계획을 수립할 수 있기 때문에 불필요한 부도로 현시를 줄여서, 대각선행단보도 설치 전에 비해 교차로 서비스수준을 향상시킬 수 있는 교차로 유형 및 교통량을 찾는 데 목적이 있다. 따라서 주도로의 차로가 넓을수록 대각선행단보도 설치 전 최소녹색시간이 과도하게 길어지기 때문에 교차로 운영의 비효율성을 가져올 수 있다. 또한 부도로 교통량에 대한 주도로 교통량의 비가 작을수록 최소녹색시간으로 인해 불필요한 시간이 부도로 교통류 현시에 부여되므로 교차로 운영의 비효율성을 가져올 수 있다. 이를 바탕으로 한 본 연구의 가정은 다음과 같다.

- 주도로와 부도로의 차로수 차이가 클수록 대각선행단보도 설치효과가 높다.
- 주도로 교통량이 부도로 교통량에 비해 많을수록 대각선행단보도 설치효과가 높다.

VISSIM 프로그램 상에서 기본값(default)으로 한 사항은 Table 3과 같다.

Table 3. VISSIM Analysis Supposition (default)

Division	Supposition
Geometric design	Lane width 3.5m, Link length 1km
Signal	Yellow signal 3 seconds
Vehicle ratio	Small 98%, Medium 2%
Random seed	Random Seed 1 to 10, 10 times analysis

## 3.2. 분석방법

### 3.2.1. 교차로 유형화

2) 장용준, 대각선행단보도의 차량 지체도 분석, 석사논문, 2007

3) Zong Z. Tian, Pedestrian Timing Alternatives and Impacts on Coordinated Signal Systems Under Split-Phasing Operation, TRR, 2001

국내 설치된 대각선흡단보도 중 가장 큰 교차로는 경동시장 사거리로, 편도 3차로 도로가 서로 교차하고 있다. 따라서 본 연구에서는 대각선흡단보도를 설치할 수 있는 교차로를 편도 3차로 이하 도로가 접속하는 교차로라 가정하고, Fig. 2와 같이 교차로 유형을 구분하였다. 차로폭은 Table 3과 같이 3.5m로 가정하였다.

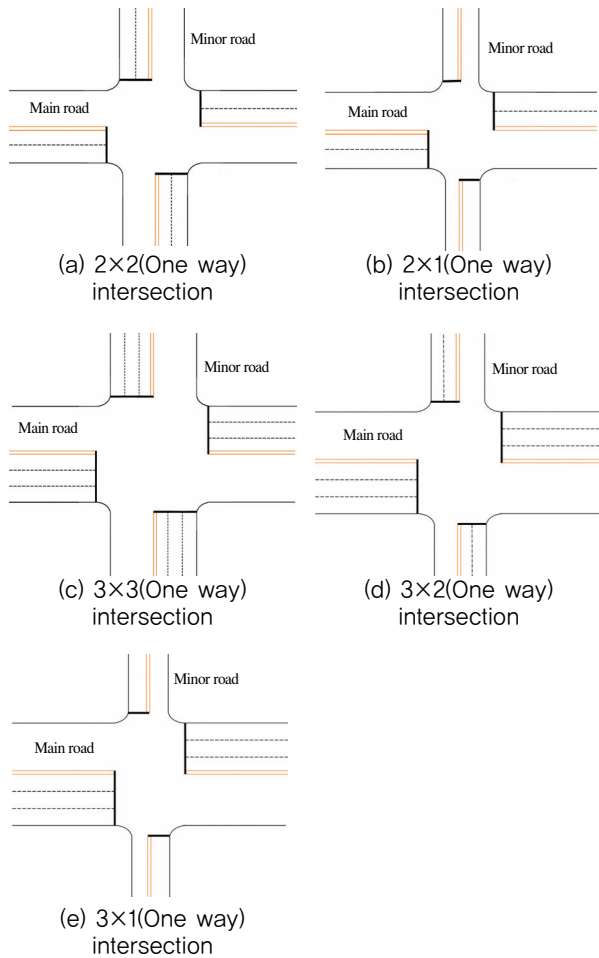


Fig. 2 Crosswalk Type Classification

### 3.2.2. 교통량 입력 방법

연구의 가정에 따라 주도로와 부도로의 교통량 배분을 달리하여 분석하였으며, 주도로의 각 차로별 교통량은 동일하게 설정하였고 부도로의 각 차로별 교통량 또한 동일하게 설정하였다. 즉, 좌회전 교통량(vphpl)과 직진 교통량(vphpl)은 동일하게 입력하였다. 부도로의 교통량은 동일하게 유지하고 주도로의 교통량을 일정하게 증가시켜 주도로와 부도로 교통량 조건을 달리하여 분석하였다. 이때 접근로의 용량을 고려하여 부도로의 교통량은 100, 200(vphpl)로 설정하고 주도로 교통량을 증가시켰다.

주도로의 교통량은 교차로 용량을 크게 초과하지 않

는 범위 내에서 증가시켰는데, 교차로 용량은 다음 Eq. (1)과 같이 산정하였다.

$$c = \sum_{i=1}^n s \times \frac{g_i}{C} \quad (1)$$

- $c$ : 교차로 용량(vphpl)
- $i$ : 현시
- $n$ : 접근로 수
- $s$ : 포화교통류율, 1,800(vphpl)으로 가정
- $g_i$ : 유효녹색시간(초), lost time을 4초로 가정하여 (녹색시간+황색시간-4)으로 산정하였음
- $C$ : 교차로 주기(초)

Eq. (1)과 같이 교차로 용량을 산정하고 신호현시는 다음 절에서 계획한 것과 같이 입력하여, 부도로 교통량에 대한 주도로 교통량 비율을 점차 증가시켰을 때 대각선흡단보도 설치 전의 교차로  $v/c$ 를 Table 4에서 나타내었다. 부도로 교통량이 100(vphpl)일 때  $v/c$ 가 1.0 이상이 되는 주도로 교통량의 비는 3.0이고, 부도로 교통량이 200(vphpl)일 때에는 7.0으로 분석되었다. 따라서 부도로 교통량이 100, 200(vphpl)일 때 주도로

Table 4. Crosswalk Capacity by Main Road

Main road traffic volume ratio on Sub road traffic volume	Sub road traffic volume 100vphpl	Sub road traffic volume 200vphpl
1.0	0.26	0.51
1.5	0.32	0.64
2.0	0.38	0.77
2.5	0.45	0.90
3.0	0.51	1.03
3.5	0.58	1.16
4.0	0.64	1.28
4.5	0.71	1.41
5.0	0.77	1.54
5.5	0.83	1.67
6.0	0.90	1.80
6.5	0.96	1.93
7.0	1.03	2.06

Table 5. Traffic Volume Input Scenario

Division	Sub road traffic volume 100vphpl	Sub road traffic volume 200vphpl
Incremental	1.0	0.5
Maximum main road traffic volume ratio	7.0	3.0

교통량은 각각 3.0과 7.0까지만 증가시켜 분석하였다. 이와 같이 Table 5는 본 연구에서 입력한 교통량 배분을 나타내었다.

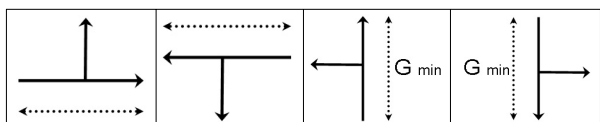
### 3.2.3. 신호계획 수립방법

일반적인 4지 교차로는 4현시로 운영되지만, 대각선 횡단보도가 설치된 교차로는 보행전용현시가 추가되어 5현시로 운영된다. 접근로별로 좌회전 교통량과 직진 교통량을 같도록 설정하였으므로 동시신호로 신호현시 계획을 수립하였다.

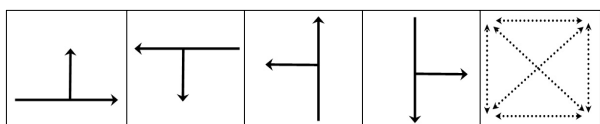
Fig. 3은 대각선횡단보도 설치 전·후의 신호현시계획을 나타내었다. 부도로의 녹색시간은 Fig. 3과 같이 최소녹색시간의 영향을 받는다. 최소녹색시간은 횡단보도 녹색시간을 의미하는데, 횡단시간은 실제 녹색시간과 점멸시간의 합으로 구성되어 있다. 실제 녹색시간은 1m/s, 점멸시간은 5초로 가정하여 다음 Eq. (2)와 같이 횡단시간을 산정하였다(보행량은 고려하지 않았음).

$$t = 1.0l + 5 \quad (2)$$

- $t$  : 횡단시간 (최소녹색시간)
- $l$  : 횡단도로폭 (m)



(a) Traffic Signal System Before Installation of Scrambled Crosswalk



(b) Traffic Signal System After Installation of Scrambled Crosswalk

Fig. 3 Traffic Signal System Before&After Scrambled Crosswalk

교차로 유형 및 교통량별로 평균차량지체를 비교하기 쉽도록 대각선횡단보도 설치 전 교차로 주기를 120초로 고정하고, 교통량에 따라 신호현시계획을 수립하였다. 대각선횡단보도 설치 후의 교차로 주기는 120초와 보행 전용현시를 합한 값으로 설정하였다.

Table 6은 각 교차로 유형별로 주도로 도로폭을 고려한 횡단보행시간을 나타내었고, Table 7은 교차로의 대각선 길이를 고려한 대각선횡단보도 횡단시간을 나타내었다.

Table 6. Pedestrian Crossing Time by Crosswalk Type

Crosswalk type	Crossing width (m)	Crossing time (sec)
2×2 (One way) Intersection	14	19
2×1 (One way) Intersection	14	19
3×3 (One way) Intersection	21	26
3×2 (One way) Intersection	21	26
3×1 (One way) Intersection	21	26

Table 7. Scrambled Crosswalk Pedestrian Crossing Time by Crosswalk Type

Crosswalk type	Diagonal crossing width (m)	Crossing time (sec)
2×2 (One way) Intersection	19.8	25
2×1 (One way) Intersection	15.7	20
3×3 (One way) Intersection	29.7	35
3×2 (One way) Intersection	25.2	30
3×1 (One way) Intersection	22.1	25

대각선 횡단보도 설치 전은 주기 120초를 기준으로 신호현시체계를 구축하였다. 대각선 횡단보도 설치 후

Table 8. Comparison of Pedestrian Crossing Time(sec) Before & After Installation of Scrambled Crosswalk by Crosswalk Type

Main road traffic volume ratio	Main road		Sub road		Cycle
	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	
1.0	30	30	30	30	120
1.5	36	36	24	24	120
2.0	40	40	20	20	120
2.5	41	41	19	19	120
3.0	41	41	19	19	120
4.0	41	41	19	19	120
5.0	41	41	19	19	120
6.0	41	41	19	19	120
7.0	41	41	19	19	120

(a) Before Installation of Scrambled Crosswalk

Main road traffic volume ratio	Main road		Sub road		Pedestrian exclusive phase	Cycle
	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4		
1.0	30	30	30	30	25	145
1.5	36	36	24	24	25	145
2.0	40	40	20	20	25	145
2.5	43	43	17	17	25	145
3.0	45	45	15	15	25	145
4.0	48	48	12	12	25	145
5.0	50	50	10	10	25	145
6.0	51	51	9	9	25	145
7.0	52	52	8	8	25	145

(b) After Installation of Scrambled Crosswalk

는 접근로별 녹색현시를 설치 전과 동일하게 설정하고, 이 120초에 보행전용현시를 추가한 신호현시체계를 구축하였다. Table 8은 편도 2×2 교차로 유형의 신호현시체계를 예시로 나타내었다(황색시간은 현시시간에 포함하였음).

### 3.2.4. 대각선행단보도 설치효과 분석방법

위와 같이 교차로를 유형화하고 교통량과 신호현시를 각 조건별로 VISSIM에 입력하여 분석하였다. VISSIM의 차량발생은 Random Seed에 따라 임의적으로 발생되므로, Random Seed를 1~10까지 각 조건별로 10번씩 순차적으로 분석하였다. 출력값은 교차로 서비스수준(LOS)의 효과척도(MOE)인 평균차량지체로 하고, 10개의 표본의 평균과 표준편차를 계산하였다.

대각선행단보도 설치 전·후의 평균차량지체 평균값을 비교분석하여 평균차량지체의 증감율을 분석하였다. 또한 대각선행단보도 설치 후 평균차량지체가 감소한다는 것을 통계적으로 유의한지 알아보기 위해 Paired t-test를 통해 가설을 검정하였다. 왜냐하면 VISSIM이 동일한 Random Seed를 부여하고 10번씩 구현한 대각

선행단보도 설치 전·후의 결과값은 서로 독립적인 관계가 아닌 종속적 관계에 있기 때문에 Paired t-test로 분석하였다. 이때의 귀무가설과 대립가설은 다음과 같으며, 단측 검정을 시행하였다.

- $H_0$ : 대각선행단보도 설치 후의 평균차량지체는 같거나 설치 전에 비해 같거나 증가한다.
- $H_1$ : 대각선행단보도 설치 후의 평균차량지체는 감소한다.

## 4. 분석결과

### 4.1. 주도로가 편도 2차로인 교차로 분석

주도로가 편도 2차로 도로이고 부도로가 편도 1차로, 2차로인 교차로 유형을 분석한 결과, 대각선행단보도 설치 전 평균차량지체는 각 교통량별로 비슷한 것으로 나타났지만 대각선행단보도 설치 후 평균차량지체는 차이가 있는 것으로 나타났다. 부도로 교통량이 200대일 때 주도로 교통량이 증가할수록 대각선행단보도 설치 후 평균차량지체의 증가율이 점차 증가하였다. 그러나

Table 9. Average Vehicle Delay of Scrambled Crosswalk Installation on 2×2 Crosswalk

(unit : sec)

Devision		Sub road 100(vphpl)							Sub road 200(vphpl)				
Main road traffic volume ratio		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Before installation	Mean	10.0	15.1	19.2	23.1	27.8	39.1	138.0	20.2	23.7	26.4	30.1	39.6
	Standard deviation	0.5	0.4	0.8	0.8	0.7	3.2	16.6	0.7	0.9	0.7	0.8	2.8
After installation	Mean	17.0	24.2	28.1	32.9	41.6	58.8	144.5	30.8	35.3	40.9	54.1	118.3
	Standard deviation	1.3	1.3	0.9	1.2	4.5	6.5	14.7	1.0	0.8	0.9	2.0	8.2
Percent change		71%	60%	47%	42%	50%	50%	5%	53%	49%	55%	80%	199%
p-value		0.942	0.990	0.991	0.951	0.814	0.761	0.552	0.996	0.994	0.997	0.994	0.998

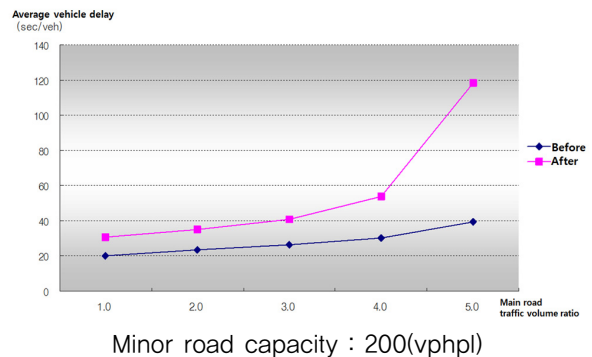
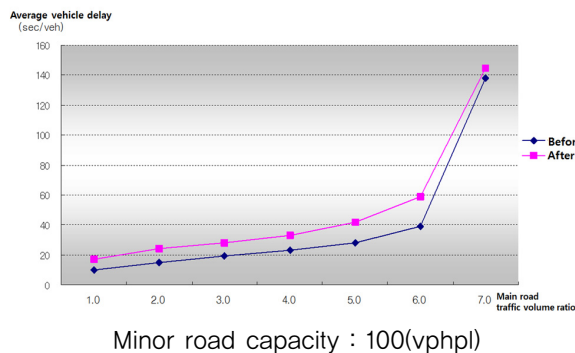


Fig. 4 Comparing Average Vehicle Delay of Scrambled Crosswalk Installation on 2×2 Crosswalk

Table 10. Average Vehicle Delay of Scrambled Crosswalk Installation on 2×1 Crosswalk

(unit : sec)

Devision		Sub road 100(vphpl)							Sub road 200(vphpl)				
Main road traffic volume ratio		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Before installation	Mean	9.9	15.3	19.9	24.0	29.0	41.0	147.1	20.3	23.7	26.1	30.1	41.1
	Standard deviation	0.7	0.7	1.0	0.9	0.9	3.5	17.2	0.8	0.8	0.7	0.7	3.1
After installation	Mean	15.8	22.3	26.1	29.7	35.2	45.6	35.9	28.2	32.8	36.6	45.3	79.7
	Standard deviation	1.0	1.2	0.9	1.0	2.1	2.4	3.2	1.2	0.9	1.0	2.5	9.3
Percent change		60%	46%	31%	23%	21%	11%	-76%	39%	38%	40%	50%	94%
p-value		0.957	0.980	0.983	0.915	0.820	0.612	0.052	0.973	0.983	0.984	0.959	0.905

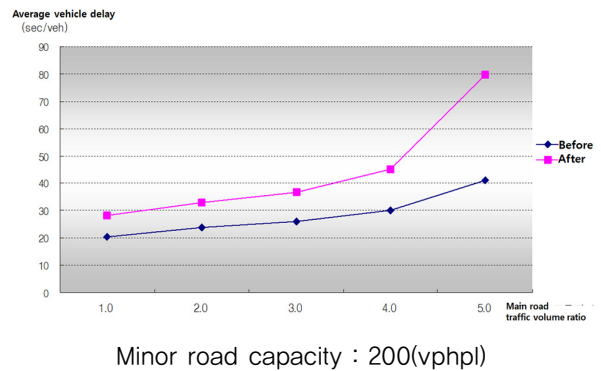
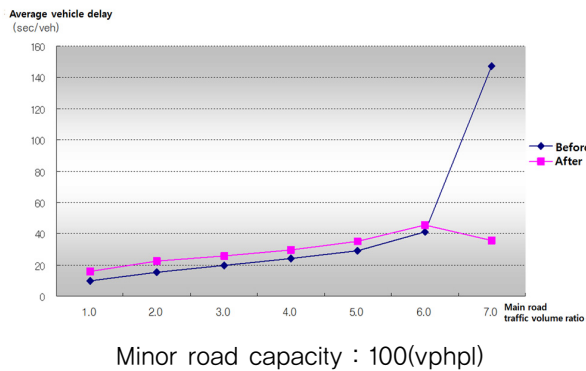


Fig. 5 Comparing Average Vehicle Delay of Scrambled Crosswalk Installation on 2×1 Crosswalk

부도로 교통량이 100대일 때에는 주도로 교통량이 증가할수록 평균차량지체의 증가율이 점차 감소하는 추세를 보였다. 이는 주도로의 교통량이 증가하면서 부도로의 신호현시가 짧아짐에 따라 부도로 접근로의 용량을 초과하여 평균차량지체가 증가하는 것으로 분석된다. 즉, 부도로의 교통량이 적을 때에는 주도로와 부도로 교통량의 차이가 클수록 대각선흡단보도를 설치하는 것이 보다 효과적임을 알 수 있다.

2×1 교차로는 대각선흡단시간이 20초로 2×2 교차로의 25초보다 5초 짧아 대각선흡단보도 설치 후 평균차량지체가 더욱 감소하는 효과를 보였다. 또한 Paired t-test 결과 2×1 교차로에서 부도로의 교통량이 100대이고 부도로와 주도로의 교통량 비가 1:7일 경우 대각선흡단보도 설치 후 평균차량지체가 감소하는 것으로 분석되었다.

#### 4.2. 주도로가 편도 3차로인 교차로 분석

주도로가 편도 3차로 도로이고 부도로가 편도 1차로, 2차로, 3차로인 교차로 유형을 분석한 결과, 대각선흡단보도 설치 전 평균차량지체는 각 교통량별로 비슷한 것으로 나타났지만 대각선흡단보도 설치 후 평균차량지

체는 부도로의 차로수가 적을수록 감소하는 것으로 나타났다. 주도로가 편도 3차로인 경우에는 부도로의 교통량이 100대일 때와 200대일 때 모두 평균차량지체 증가율이 감소하는 추세를 보였다. 즉, 가정한 것과 같이 이러한 교차로 유형에서도 주도로와 부도로의 도로폭의 차이가 클수록 대각선흡단보도 설치효과가 있는 것으로 분석된다.

3×1 교차로의 대각선흡단보도 횡단시간이 25초, 3×2 교차로는 30초, 3×3 교차로는 35초로 차이가 있어 3×1 교차로에 대각선흡단보도를 설치할 경우 다른 교차로 유형보다 대각선흡단보도 설치효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 Paired t-test 결과 3×1 교차로에서 주도로와 부도로의 교통량 차이가 클 경우(p-value의 값이 1:6일 때 0.022, 1:7일 때 0.065) 대각선흡단보도 설치 후 평균차량지체가 감소한다는 것이 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

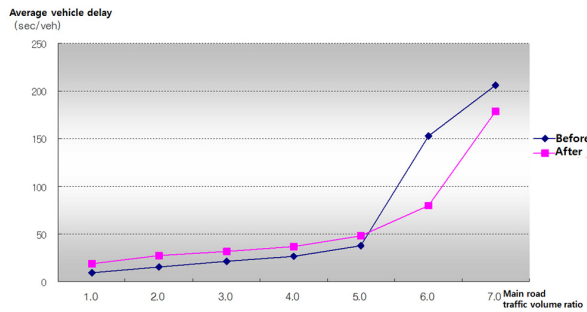
대각선흡단보도 횡단시간이 25초로 동일한 3×1 교차로와 2×2 교차로는 Table 8과 Table 12에서 보면 대각선흡단보도 설치 후 평균차량지체 증가율에서 큰 차이를 보인다. 그 이유는 2×2 교차로의 경우 대각선



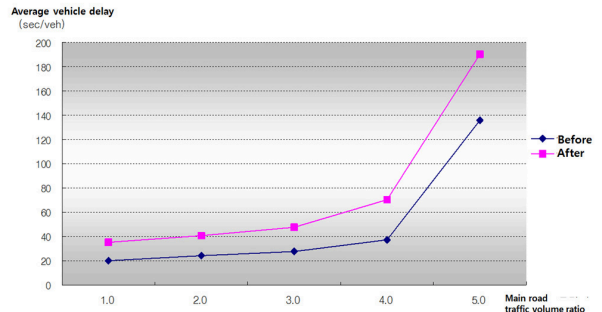
Table 11. Average Vehicle Delay of Scrambled Crosswalk Installation on 3×3 Crosswalk

(unit : sec)

Devison		Sub road 100(vphpl)							Sub road 200(vphpl)				
Main road traffic volume ratio		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Before installation	Mean	9.4	15.7	21.4	26.6	37.6	152.8	206.1	20.0	23.8	27.7	37.0	135.6
	Standard deviation	0.3	0.7	0.6	0.6	2.1	15.1	10.7	0.9	0.7	0.6	1.9	12.9
After installation	Mean	19.2	27.4	32.2	37.1	47.9	80.2	178.3	35.2	40.8	47.9	70.6	190.2
	Standard deviation	0.9	0.7	1.2	0.9	3.6	10.2	8.0	0.9	1.4	3.6	6.3	11.7
Percent change		105%	75%	51%	40%	27%	-48%	-14%	76%	72%	73%	91%	40%
p-value		0.996	0.999	0.990	0.998	0.751	0.151	0.206	1.000	0.998	0.953	0.923	0.872



Minor road capacity : 100(vphpl)



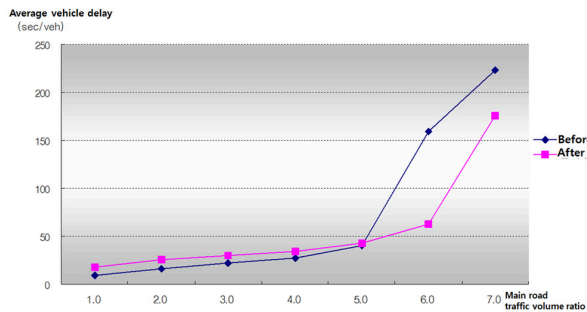
Minor road capacity : 200(vphpl)

Fig. 6 Comparing Average Vehicle Delay of Scrambled Crosswalk Installation on 3×3 Crosswalk

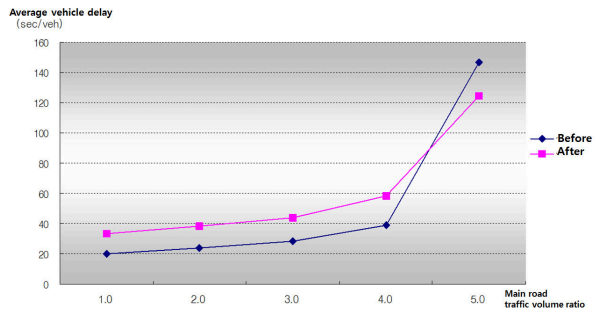
Table 12. Average Vehicle Delay of Scrambled Crosswalk Installation on 3×2 Crosswalk

(unit : sec)

Devison		Sub road 100(vphpl)							Sub road 200(vphpl)				
Main road traffic volume ratio		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Before installation	Mean	9.6	16.5	22.6	27.9	40.2	159.9	222.9	20.1	24.1	28.4	39.0	146.6
	Standard deviation	0.5	0.7	0.6	0.6	2.9	15.9	8.6	0.9	0.5	0.6	1.8	14.2
After installation	Mean	17.8	26.1	30.2	34.8	43.0	62.6	176.2	33.1	38.1	44.1	58.5	124.7
	Standard deviation	0.8	0.6	0.9	0.8	3.2	5.8	11.6	0.4	1.4	1.2	2.5	12.1
Percent change		85%	58%	34%	25%	7%	-61%	-21%	65%	58%	55%	50%	-15%
p-value		0.993	0.997	0.984	0.957	0.581	0.059	0.168	-4.526	-3.261	-4.169	-2.576	0.433



Minor road capacity : 100(vphpl)



Minor road capacity : 200(vphpl)

Fig. 7 Comparing Average Vehicle Delay of Scrambled Crosswalk Installation on 3×2 Crosswalk

Table 13. Average Vehicle Delay of Scrambled Crosswalk Installation on 3×1 Crosswalk

(unit : sec)

Devison		Sub road 100(vphpl)							Sub road 200(vphpl)				
Main road traffic volume ratio		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Before installation	Mean	9.7	17.4	23.8	29.3	41.2	170.9	232.1	20.1	24.5	29.4	40.6	163.0
	Standard deviation	0.6	0.9	0.7	0.7	2.4	17.6	12.4	1.0	0.5	0.7	2.1	16.4
After installation	Mean	16.1	24.3	46.6	32.5	37.0	49.1	136.0	31.0	35.5	39.7	47.2	106.4
	Standard deviation	1.0	0.5	2.7	0.6	1.4	4.1	15.3	1.0	1.1	1.2	2.2	16.1
Percent change		65%	40%	96%	11%	-10%	-71%	-41%	54%	45%	35%	16%	-35%
p-value		0.938	0.986	0.979	0.827	0.326	0.022	0.065	0.998	0.990	0.977	0.720	0.180

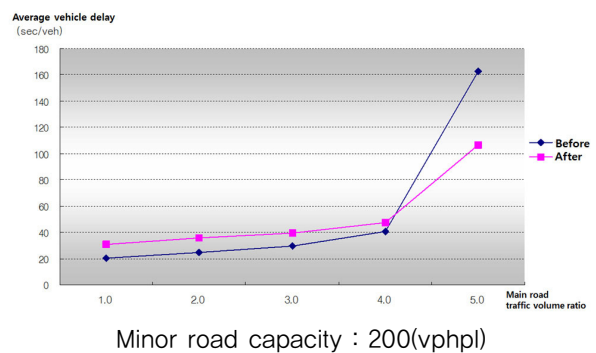
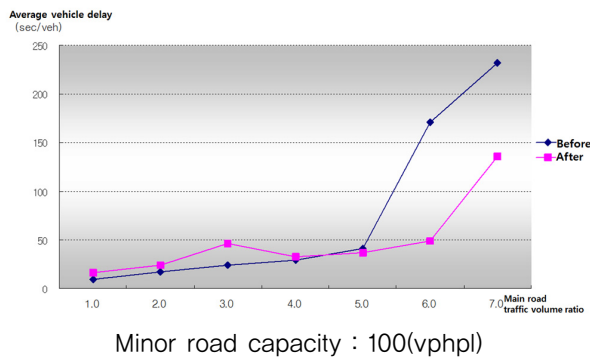


Fig. 8 Comparing Average Vehicle Delay of Scrambled Crosswalk Installation on 3×1 Crosswalk

횡단보도 설치 전 최소녹색시간이 19초인데 반해 3×1 교차로의 경우 최소녹색시간이 26초로 2×1 교차로보다 불필요한 신호현시를 부도로에 적용하였기 때문으로 판단된다. 즉, 부도로 교통류의 최소녹색시간이 큰 지점에서 대각선흡단보도를 설치할 경우 효과가 있는 것을 알 수 있다.

### 5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 VISSIM을 통해 교차로 유형별 교통량 배분에 따라 신호계획을 수립하여 대각선흡단보도 설치 전·후의 평균차량지체를 분석하였다. 그 결과, 주도로와 부도로의 도로폭이 크고 주도로와 부도로의 교통량의 차이가 클수록 평균차량지체가 감소하였다. 특히, 편도 2×1 교차로와 편도 3×1 교차로에서 부도로 교통량이 100대이고 주도로와 부도로의 교통량비가 1:6~1:7 일 경우 통계적으로 평균차량지체가 감소하는 것으로 분석되었다. 그러나 부도로의 교통량이 200대일 경우에는 100대일 때보다 평균차량지체가 증가하는 것으로

분석되었다. 즉, 대각선흡단보도 설치 후 부도로의 현시가 감소하기 때문에 부도로의 교통량이 크면 부도로 교통류의 용량을 크게 초과하게 되어 전체 교차로 서비스 수준에 영향을 미치게 되는 것을 알 수 있다. 결론적으로 부도로의 교통량이 많지 않고, 주도로의 교통량이 많고 부도로보다 차로폭이 클 경우 대각선흡단보도를 설치하면 차량소통측면에서 효과를 볼 수 있다는 것이 증명되었다.

기존 연구에서는 대각선흡단보도를 설치하면 평균차량지체가 항상 증가하는 것으로 분석되었지만, 이는 부도로의 최소녹색시간을 고려하지 않고 신호시간을 계획하였기 때문에 본 연구와 다른 결과가 나온 것으로 사료된다. 즉 본 연구는 대각선흡단보도를 설치하더라도 교차로 조건에 따라 지체도가 증가하지 않을 수 있음을 증명하는데 큰 의의가 있다고 볼 수 있다.

그러나 대각선흡단보도의 가장 큰 설치목적은 보행자 지체 감소, 안전 및 편의성에 있기 때문에 차량지체 뿐만 아니라 향후에는 기존 연구와 같이 보행량 및 보행지체 등을 고려하여 차량소통측면과 보행자측면을 종합적

으로 비교분석하여 대각선흥단보도 설치효과를 분석할 필요가 있다. 또한 본 연구는 임의로 기하구조와 교통량을 각 조건별로 입력하여 분석하였기 때문에 실제 교차로에 대각선흥단보도를 적용하면 어떠한 변화가 있을 것인가에 대한 면밀한 검증이 추가적으로 필요하다.

또한, 본 연구에서는 가상의 네트워크를 구축하여 방향별 교통량을 동일하게 적용하고 동시신호를 운영하도록 설정하였다. 이를 통해 교차로 유형과 주도로·부도로 교통량의 차이가 대각선흥단보도 운영효과에 얼마나 영향을 미치는지 분석하였다. 그러나 실제 신호교차로는 직진·좌회전 교통량이 다르고, 이로 인해 신호주기 및 현시에 영향을 미치므로 이에 대한 추가 연구가 필요하다.

## REFERENCES

Explanation of Road Structure and Facility Manual, Ministry of Construction and Transportation, 2000.

Junhan Jo(2004), "Phasing and Sequencing Design Techniques at a Signalized Intersection", Journal of Korean Society of Transportation 22(5), p.19-p.33.

Korean Highway Capacity Manual, Ministry of Construction and Transportation, 2004.

Kyuhong Son(1997), "Development of Warrant for Scrambled Pedestrian Crossing", Journal of Korean Society of Transportation 15(2), p.105-p.122.

Roser P. Roess(2004), "Traffic Engineering", 3rd Edition, PEARSON Prentice Hall.

Traffic Safety Facility Manual, National Police Agency, 2000.

Transportation Practical Material, Seoul Metropolitan Police Agency, 1999.

Yongjun Jang(2007), "Analysis of Vehicular Delay on Scrambled Crosswalk", Master's thesis, Yonsei University.

Zong Z. Tian(2001), Pedestrian Timing Alternatives and Impacts on Coordinated Signal Systems Under Split-Phasing Operation, Transportation Research Record 1748, TRB, p.46-p.54.