

■ 論 文 ■

# 보행신호 잔여시간 표시장치에 따른 보행속도 분석

An Analysis of Pedestrians' Speed according to Pedestrian Countdown Signal Systems

**장 명 순**

(한양대학교 교통공학과 교수)

**임 삼 진**

(한양대학교 교통공학과 연구교수)

**김 경 희**

(부천시청 교통행정과 교통기획팀)

## 목 차

- I. 서론
  - II. 문헌고찰
    - 1. 보행속도에 관한 고찰
    - 2. 국내외 보행신호 잔여시간 표시장치 현황 및 연구사례
  - III. 연구방법
    - 1. 선정조건
    - 2. 조사지점
  - 3. 조사방법 및 자료추출
  - IV. 자료분석
    - 1. 보행속도 비교분석
    - 2. 적합도 검정
  - VII. 결론 및 향후 연구과제
    - 1. 결론
    - 2. 향후 연구과제
- 참고문헌

Key Words : 보행신호, 잔여시간 표시장치, 보행속도, 보행시간, 보행자  
Pedestrian signal, countdown signal, Walking-speed, Walking-time, Pedestrian

## 요 약

현재의 보행신호는 보행자 녹색신호가 일정시간을 경과하면 녹색점멸 신호로 바뀌게 되는데, 횡단보도를 지나는 보행자가 녹색점멸 신호의 잔여시간을 알 수 없어서 보행시 불안감을 느끼고 있으며, 이를 해소하기 위해 지난 2000년부터 보행신호 잔여시간 표시장치로 '역삼각형' 표시장치를 채택하여 설치·운영해 왔다. 이 보행신호 잔여시간을 도형이 아닌 '숫자'로 표시하는 방식이 새롭게 제안되어 시험운영 중인데, 본 연구는 두 가지의 잔여시간 표시장치에 대해 보행자의 보행속도를 비교한 것이다.

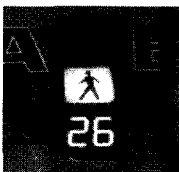
보행신호 잔여시간 표시장치에 따른 보행속도의 비교분석 결과 (1) 미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 평균보행속도는 각각 1.44, 1.39, 1.42m/sec로 분석되었으며, (2)미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치 시 보행자 보행속도 분포 차이 검정을 위해 Duncan's Multiple Range Test 결과 각각 유의수준 1.00으로 보행자 보행속도분포는 차이가 있는 것으로 검증되었다. (3)미설치시 보행속도분포는 Erlang(0.117, 10)분포, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 보행자 보행속도분포는 각각 Weibull(1.17, 3.72)분포, Gamma(0.137, 8.18)분포를 따르는 것으로 분석되었다.

Pedestrian countdown signals were newly introduced to make pedestrians feel more comfortable and safer in crossing the streets. This paper analysed pedestrian walking-speed through a before-after behavior study. Data was collected from 22 sites, and the total number of pedestrians was 19,800. The results showed that the average pedestrian walking-speed of existing pedestrian signal, an inverted triangle countdown signal and a numeric countdown signal were 1.44, 1.39 and 1.42m/sec. The difference between the three methods was statistically significant. The results showed that the distribution of the walking-speed of existing signal, an inverted triangle countdown signal and a numeric countdown signal were statistically Erlang(0.117,10) distribution, Weibull(1.17,3.72) distribution and Gamma(0.137,8.18) distribution at 95% confidence level.

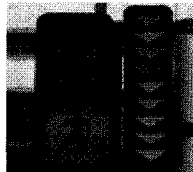
I. 서론

현재의 보행신호 시스템은 보행자 녹색신호가 일정 시간(도로폭에 따라 다르지만 왕복 6차선 이상 도로의 경우 7초를 적용하는 경우가 일반적임)을 경과하면 녹색점멸 신호로 바뀌게 되는데, 횡단보도를 지나는 보행자가 녹색점멸 신호의 잔여시간을 모르기 때문에 불안감을 느끼고 있으며, 이를 해소하기 위해 지난 2000년부터 보행신호 잔여시간 표시장치로 '역삼각형' 표시장치를 채택하여 설치·운영해 왔으나, 잔여시간을 도형이 아닌 '숫자'로 표시하는 방식이 제안되어 시험운영이 되고 있어 이 두 잔여시간 표시장치에 대해 보행자의 보행속도에 대한 평가가 이루어지지 않아 두 잔여시간 표시장치에 대한 보행자 보행속도의 연구가 수반될 필요가 있다.

〈그림 1〉은 잔여시간 표시장치를 나타내며, 본 연구에서는 두 잔여시간 표시장치 방식에 따른 횡단보도 내에서의 보행자의 보행속도를 비교·분석하기 위해 국내·외 잔여시간 표시장치에 대하여 다음과 같이 고찰하였다.



(a)계수형



(b)역삼각형

〈그림 1〉 잔여시간 표시장치

본 연구에서는 두 잔여시간 표시장치별 보행속도 분석을 위해 다음과 같이 연구 목표를 설정하고 수행하였다.

- (1) 미설치시와 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시의 보행속도 비교·분석
- (2) 보행자 신호시간 산출시 적합한 보행속도값 제안
- (3) 미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 보행자 보행속도분포 적합도 검정

본 연구에서는 보행자 유형에 따른 특성 및 설치효과 분석이 용이하도록 주거지역, 상업지역, 교통약자(어린이·노인 등)밀집지역 등을 고려하여 선정하였으며, 지역 특성이 유사한 곳이 과다하게 중복되지 않도록 조사지점을 선정하였다.

II. 문헌고찰

1. 보행속도에 관한 고찰

그동안 우리나라는 보행자 신호시간 설계시 보행자 횡단보도 보행속도는 1.0m/s가 사용되고 있으며, 이는 미국에서 제시하고 있는 평균 보행자 횡단보도 보행속도와 동일하다. 보행자수에 따른 보행자 횡단소요시간을 매개변수 1.7을 사용하여 보정하고 있다. 그러나 교통안전실무편람<sup>3)</sup>에서는 횡단신호시간의 산출을 위하여 다음 식을 사용하고 있는데 보행자가 횡단할 때 영향을 받는 인자들이나 횡단보도의 특성이 고려되지 않은 방법이라고 할 수 있다.

$$P.T = \frac{L}{V} + T$$

여기서, P.T : 보행 녹색 신호시간(초)

L : 횡단보도길이(m)

V : 횡단보행속도 1.0(m/s)

T : 5초 이내의 여유시간(초)

횡단보도의 특성이 교차로와 연계된 횡단보도의 경우는 현시의 최소녹색시간이 보행자의 횡단시간에 의해서 정해짐. 신호현시의 최소녹색시간을 산정하는 방법은 다음 식과 같음.

$$G + Y = t + \left(\frac{D}{V_p}\right)$$

여기서, G : 최소 녹색 신호시간(초)

Y : 차량 교차로 통과시간(황색 또는 황색과 적색시간의 합)

t : 보행자 출발지연시간 또는 횡단출발 인지반응시간(5초 이상)

D : 신호주기 동안 사용되는 최장 횡단보도의 길이(feet)

V<sub>p</sub> : 보행자 보행속도 (1.2 (m/s))

미국 연방도로교통협회(AASHTO: American Association State Highway and Transportation Officials)에서 소개하고 있는 보행자 속도는 대략 0.7

6~1.83m/sec(2.5~6.0ft/sec)로 평균 1.2m/sec (4.0ft/sec)정도이나, 교차로와 교차로 외의 일반도로, 여성과 남성이 서로 보행하는 속도는 각각 다르고 나이가 많은 사람의 보행속도는 0.91m/sec(3ft/sec)정도라고

〈표 1〉 횡단 보행속도

남자 나이	빠른 속도 (m/sec)	느린 속도 (m/sec)	평균 속도 (m/sec)	샘플 수	여자 나이	빠른 속도 (m/sec)	느린 속도 (m/sec)	평균 속도 (m/sec)	샘플 수
0~10	2.44	0.72	1.40	15	0~10	2.38	1.25	1.51	17
11~20	1.90	0.91	1.49	39	11~20	2.22	0.91	1.48	37
21~30	2.02	1.03	1.55	44	21~30	1.95	0.91	1.39	60
31~40	1.88	1.29	1.52	11	31~40	1.86	1.04	1.39	19
41~50	1.88	1.18	1.51	6	41~50	1.83	0.87	1.26	13
51~64	1.85	1.22	1.51	10	51~64	1.62	1.22	1.37	8
65+	1.36	0.59	0.81	7	65+	1.16	0.46	0.96	11

\* 자료출처 : 교통사고 조사매뉴얼, (Traffic Accident Investigation Manual), 도로교통안전관리공단, 2000.<sup>5)</sup>

〈표 2〉 보행자 연령 및 상황에 따른 보행속도

보행자 특성과 상황 등	보행 속도(m/sec)	연구자
54세이하 남자	1.6	Danial J. Parrkka
55세이상 남자	1.5	
50세이하 여자	1.4	
51세 이상	1.3	
6~10세 아동	1.1	
청년 남/녀	1.8	
아기엮은 여성	0.7	Reimer
6~10세 아동	1.1	
51세 이상여성	1.3	
50세 이하여성	1.4	
55세 이상남성	1.5	
40~50세 남성	1.6	
40세 이하남성	1.7	
노인	1.14	竹内傳史 & 岩本廣久
장년 남/녀	1.49/1.30	
청년 남/녀	1.58/1.42	
고교생	1.58	
중학생	1.49	
초교생	1.32	
평균	1.44	
자유보행	1.29~1.5 (평균 1.4)	竹内, 戸川, Fruin, Hoel, Moore, Navin, Nielsen, Peschel, Reimer, Schmitz, Scholz, Sleight, Weiner
산보걸음	1.1~1.4	
급한걸음	1.8~1.9	
조금 빠른걸음	3.4~3.9	
마라톤	5~6	

\* 자료출처 : 교통사고 조사매뉴얼, (Traffic Accident Investigation Manual), 도로교통안전관리공단, 2000.<sup>5)</sup>

AASHTO에서 밝히고 있다<sup>4)</sup>.

또한, 기존의 연구에 의하여 밝혀진 보행속도를 살펴보면 미국 Boise 주립대학 교통연구소에서 실험된 보행자 횡단시간에 의한 실험결과는 〈표 1〉과 같으며, 기타 여러 연구자가 실험하여 발표한 결과는 〈표 2〉와 같다.

## 2. 국내·외 잔여시간 표시장치 현황 및 연구사례

### 1) 국내

#### (1) 잔여시간 표시장치의 사양 및 주요기능

가) 설치기능 지침

보행신호 잔여시간표시장치 표준지침(경찰청, 2002. 7.15)(6)에 의하면, 편도4차로 이상인 도로중에서 보행자 횡단이 빈번하고 보행자 횡단 사고가 잦은 횡단보도에 설치할 수 있다.

나) 잔여시간 표시장치의 운영방법

보행등의 녹색등화와 동시에 등화되어야 하고, 녹색 점멸 신호시간을 모듈의 개수로 동일하게 나누어 순차 소등시키도록 설계되어야 한다.

녹색등화의 신호시간을 자동으로 감지하여 녹색점멸 신호 시간을 모듈의 개수로 동일하게 나누어 순차 소등시키도록 설계되어야 한다.

교통경찰관 등이 신호제어기를 수동 조작하고 있는 때에는 잔여시간 표시장치가 소등된 상태를 유지하여야 한다.

잔여시간 표시장치를 최초로 작동할 때(최초 또는 정전후 전원 공급시) 또는 신호제어기를 수동 조작한 후 자동제어로 복귀할 때에는 2주기내에 신호시간을 자동 감지하여 그 다음 주기부터는 정상적으로 작동되어야 하며, 신호시간을 감지하는 동안에 잔여시간 표시장치가 작동(등화)되어 보행자에게 혼란을 초래하여서는 안된다.

잔여시간 표시장치의 회로는 한 배열 줄에서 하나의 LED 소자가 고장난 경우 고장소자만 점등되지 않도록 표시하여야 하며, 배열줄 전체가 고장으로 표시(소등) 되도록 회로가 구성되어서는 안된다.

〈표 3〉은 국내 잔여시간 표시장치의 연구 사례를 정리한 것인데, 이들 연구에서는 두 잔여시간 표시장치에 따른 보행자의 보행속도에 관한 연구는 이루어지지 않았다.

〈표 3〉 국내의 잔여시간 표시장치의 연구 사례

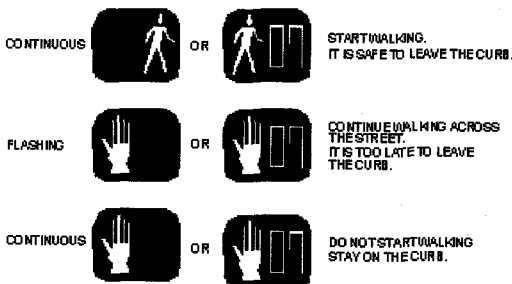
연구 사례	보행자 행태 분석 효과측도	결론
보행신호등 잔여시간표시기 시행에 따른 보행행태 및 효과분석(2002년 3월, 대한교통학회 부산·울산·경남지역) <sup>7)</sup>	-보행신호에 횡단을 완료하지 못한보행자수 -보행 녹색점멸 신호시 진입하는 보행자수 -보행 녹색점멸 신호시 진입하는 차량의 수	계수형 잔여시간 표시장치가 효과적
잔여시간 표시장치에 따른 보행자의 보행 특성 및 선호도에 관한 연구(2002년, 11월 대한교통학회 학술집) <sup>8)</sup>	-횡단종료시작분포 -녹색점멸 종료 3초전에 횡단보도 진입 보행자수 -인저반응시간	계수형 잔여시간 표시장치가 효과적
계수형 보행신호 잔여시간 표시장치 설치효과 분석연구(2003년, 교통안전연구논문집 제22권) <sup>9)</sup>	-설치 전·후의 횡단시작 시간 비교 -설치 전·후의 횡단종료 시간 비교 -비정상적인 보행자 행태 분석	계수형 잔여시간 표시장치가 효과적이거나 그 효과는 미비함을 제시
보행 잔여신호기 도입에 따른 보행행태 변화에 관한 연구(2004년 2월, 대한국토, 도시계획학회지 「국토계획」제 39권 제1호) <sup>10)</sup>	-설치 전·후의 일반보도와 횡단보도의 보행속도 비교를 통한 보행자의 편안함 측면 비교 -설치 전·후의 법적인 측면의 위반율과 안전성 측면의 위반율 비교	비침두시, 8차로에 잔여시간 표시장치는 효과적

2) 국외

외국의 경우 계수형 잔여시간 표시장치는 1992년 미국에서 처음 소개 되었으며, 1998년 캘리포니아주 Sacramento County에 최초로 설치 되었다.

(1) 보행신호 잔여시간 표시장치의 작동

〈그림 2〉와 같이 보행신호 잔여시간 표시장치는 걸고 있는 사람의 문양(WALK), 손을 올린 문양(DON'T WALK)의 의미로 구성되며 잔여시간 숫자 값과 함께 보여준다.



〈그림 2〉 보행신호 잔여시간 표시장치의 작동순서

- 1) 걷는 문양의 의미는 횡단보도 횡단 시작을 의미한다.
- 2) 손을 올린 문양은 보행자가 만일 연석에 있다면 횡단을 시작해서는 안됨을 알리는 경고 의미이며, 이때 횡단을 진행 중이라면 반대편 보도로 횡단을 빨리 완료 해야 한다.
- 3) 점멸의 손을 올린 문양은 횡단보도를 안전하게 횡단할 수 있음을 의미한다.
- 4) 계속해서 손을 올린 문양의 의미는 횡단보도에 진입해서는 안된다는 의미를 가지며, 이때 만일 횡단보도를 횡단하고 있다면 즉시 가장 가까운 연석이나 중앙분리대로 이동해야 함을 의미한다.

(2) 보행속도에 대한 연구

보행속도에 영향을 미치는 것은 여러 가지 요인이 있는데 보행자의 나이, 성별, 키, 건강상태 등의 개인적 특성, 보행목적, 경로의 익숙함, 짐, 통행길이 등의 통행특성, 보도의 형태, 구배, 주변 환경의 매력, 덮개 등의 보행시설물의 특성, 주위 환경이나 날씨 등의 환경적 특성들이 영향을 준다. 또한 보행밀도는 보행속도에 큰 영향을 미친다<sup>11)</sup>.

Richard L. Knoblauch, Martin T. Pietrucha and Marsha Nitzburg가 보행자 7,123명을 대상으로 조사한 연구<sup>12)</sup> 결과에 의하면 65세 미만의 젊은 보행자들의 보행속도는 1.38~1.56m/sec 사이에 분포되어 있으며, 평균 1.46m/sec에 달하는 것으로 조사되었으며, 65세 이상의 노인 보행자들의 보행속도는 1.14~1.29m/sec에 분포되어 있고, 노인 보행자들의 평균 보행속도는 1.21m/sec인 것으로 조사되었다.

Jan. Botha and Ron Northouse의 연구<sup>13)</sup>에서는 잔여시간 표시장치가 보행속도에 영향을 미치는가를 판단하기 위해 잔여시간 표시장치 설치 전·후에 대하여 조사를 실시하였다. 보행속도의 조사방법은 보행자 횡단시간을 조사하기 위하여 연석에서 연석까지 보행한 시간을 관측하여 측정하는 방식을 선택하였으며, 조사 표본은 조사 지점별로 각각 52명과 82명, 179명과 153명, 195명과 104명이었으며, 분석결과는 다음 〈표 4〉와 같이 나타났다. 보행자의 보행속도는 잔여시간 표시장치 설치 전후에도 변화의 차이는 지점별로 비슷한 곳, 늘어난 곳, 줄어든 곳이 각각 한 곳으로 나타났고, 전체적으로 보면 변화는 아주 작은 것으로 분석되었다.

〈표 4〉 설치전·후 보행속도

조사지점	설치전			설치후		
	표본수	평균 속도 (ft/s)	표준 편차	표본수	평균 속도 (ft/s)	표준 편차
Market Street & John Street	52	5.9	1.41	82	5.8	1.14
Santa Clara Street & Twenty-First Street	179	4.0	0.88	153	4.3	1.24
Convention Center & San Carlos Street	195	4.4	1.11	104	4.1	1.29

### III. 연구방법

두 잔여시간 표시장치에 대한 보행자 보행속도 비교·분석을 위해 〈표 5〉와 같은 방식으로 잔여시간 표시장치를 시험설치를 하여 운영하였으며, 동일한 지점에서 보행자의 보행속도가 어떤 변화를 보이는가를 분석하기 위하여 총 22개 조사지점을 선정하여 조사를 진행하였다. 이들 조사지점에 대해서 잔여시간 표시장치 미설치시, 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시, 계수형 잔여시간 표시장치 설치시에 대해서 각 지점당 샘플수는 300명의 보행자를 대상으로 하였으며, 보행자 행태 분석을 위한 표본 수는 총 19,800명에 달하였다. 이 조사는 2004년 3월~2004년 10월 중에 실시되었다.

〈표 5〉 보행자 보행속도 조사를 위한 시험설치 운영 방식

구분	제 1차 조사	제 2차 조사	제 3차 조사
11개 지점씩 나누어 교차 시험 설치하여 조사	역삼각형 11개 지점	미설치 11개 지점	계수형 11개 지점
	미설치 11개 지점	계수형 11개 지점	역삼각형 11개 지점
계	22개 지점	22개 지점	22개 지점

#### 1. 조사지점의 선정조건

본 연구에서 보행자 보행속도 조사를 위해 22개 시험 설치 지점의 선정 조건은 다음과 같다.

- 보행자 유형에 따른 특성 및 설치효과 분석이 용이하도록 주거지역, 상업지역, 교통약자(어린이, 노인 등) 밀집지역 등을 고려하여 선정
- 지역 특성이 유사한 곳이 과다하게 중복되지 않도록 조사지점 설치
- 1회 보행자 횡단시간동안 30명이상 보행이 이루어지는 횡단보도

본 연구에서 조사지점 선정시 밀도 측면과 보행자의 연령등을 포함하지 못하였으며, 개별 보행자에 대한 분석이 이루어졌으므로 분석 결과에 대한 일반성을 가지지는 못한다.

#### 2. 조사지점

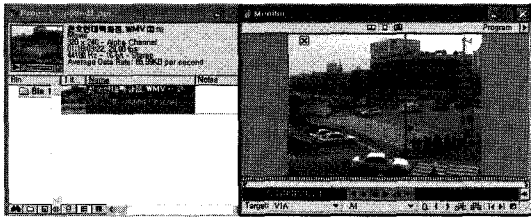
본 연구에서의 잔여시간 표시장치 시험설치 지점은 22개 지점으로 다음 〈표 6〉과 같다.

〈표 6〉 시험 설치 22개 지점

구분	지역	지점위치	지점명	차로수 (양복)	보행 신호 시간
1	안산 (4)	경기도 안산시 단원구 교간동	카르프 앞	8차로	30
		경기도 안산시 상록구 성포동	예술인아파트 (스타프라자앞)	8차로	33.5
		경기도 안산시 상록구 본오3동	상록수역(상록교하얌)	6차로	20.6
		경기도 안산시 상록구 성포동	삼성 홈플러스	7차로	22
2	수원 (4)	경기도 수원시 권선구 권선동	밀리오레 앞	7차로	25.4
		경기도 수원시 팔달구 팔달로	남문 팔달로	4차로	16
		경기도 수원시 권선구	수원역앞	5차로	16
		경기도 수원시 권선구	계화길 입구	5차로	16.4
3	서울 (16)	서울 강남구 역삼동	우성아파트 앞	10차로	36
		서울 강남구 역삼동	뱅뱅사거리 1	10차로	40
		서울 강남구 역삼동	뱅뱅사거리 2	8차로	24
		서울 송파구 석촌동	송파산사거리(석촌역)	8차로	28.2
		서울 강동구 천호동	천호사거리 (현대백화점)	8차로	37
		서울 마포구 동교동	홍익대 입구역 (서교타워앞)	8차로	28.2
		서울 마포구 도화동	마포가든호텔 (홀리메이인 서울)	10차로	36
		서울 송파구 석촌동	석촌호수 (수중공원앞)	10차로	36.4
		서울 중구 홍인동	홍인동 우체국 앞 (신당역12번 출구)	6차로	22
		서울 종로구 종로3가	종로3가 돈화문로 사거리	8차로	25.1
		서울 서대문구 창천동	신촌 현대백화점 (현대증권)	8차로	28
		서울 강서구 등촌2동	대일고교앞 (현대아이파크)	7차로	21.3
		서울 종로구 낙원동	인사동입구 (낙원상가입구)	7차로	27.8
		서울 마포구 성산동	마포구청역	7차로	33.5

### 3. 조사방법 및 자료추출

본 연구에서는 디지털 캠코더로 촬영한 자료를 동영상 편집기인 Premiere 6.5에서 <그림 3>과 같이 조사 지점을 통과하는 보행자 전체를 대상으로 횡단시점부터 횡단을 포기하거나 멈추지 않고 완료하는 시점까지 연속하여 영상 촬영을 하였으며 개별 보행자에 대하여 0.01초 단위로 분석을 실시하였다.



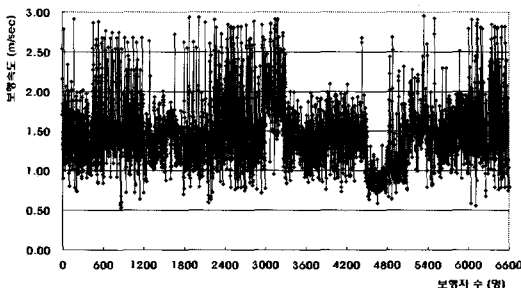
<그림 3> 보행속도 분석을 위한 자료 추출 과정

### IV. 자료 분석

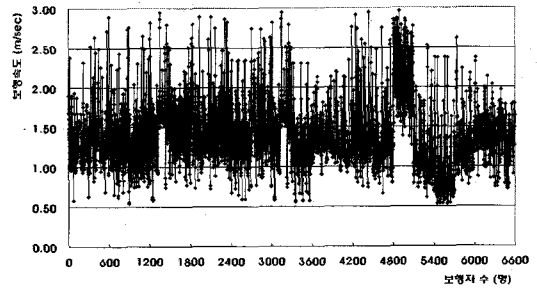
본 연구에서 자료 분석은 스프레드시트 프로그램을 이용해 코드화 시켰고, 통계프로그램인 SPSS(Statistical Package for the Social Science), 데이터의 통계적 분포의 산정 및 시뮬레이션 분석 프로그램 ARENA를 이용하여 분석하였다.

보행자의 횡단보행속도는 통상 1.0m/sec로 적용하고 있으나 본 연구에서는 미설치시, 역삼각형 및 계수형 잔여시간 표시장치 설치에 따른 실제적인 횡단보행속도 분포를 제시하기 위해 0.01초 단위로 분석하였으며, 미설치시, 역삼각형 및 계수형 잔여시간 표시장치 설치시의 보행자의 보행속도가 따르는 분포를 검정하여 제시하였다.

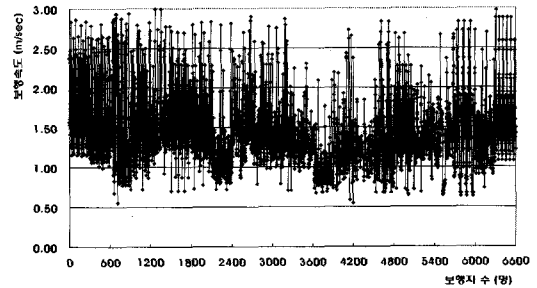
각 보행신호 장치별 보행자 표본수는 6,600명이며,



<그림 4> 미설치 보행자 보행속도 분포



<그림 5> 계수형 잔여시간 표시장치 설치시 보행자 보행속도 분포



<그림 6> 역삼각형 표시장치 설치시 보행자 보행속도 분포

<그림 4>~<그림 6>은 미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 보행자 보행속도를 나타낸 것이다.

보행자 보행속도에 대한 미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치시의 기술적 통계량은 <표 8>과 같으며 미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 설치시 평균보행속도는 1.44, 1.39, 1.42 m/sec로 나타나 약간의 차이가 있는 것으로 분석되었다.

또한, <표 8>에서와 같이 Jan. Botha and Ron Northouse의 연구에서는 잔여시간 표시장치 설치시 평균보행속도는 1.47m/sec로 본 연구에서 분석된 보행속도와 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

한편, 보행자 신호시간 산출시 보행자 횡단보행속도를 적용할 경우 평균치보다 작은 값을 적용하여 보행자에게 보다 안전한 횡단을 제공하기 위해 <표 7>에서 15%기준으로 볼 때 1.0m/sec의 횡단보행속도를 적용하는 것이 바람직하다.

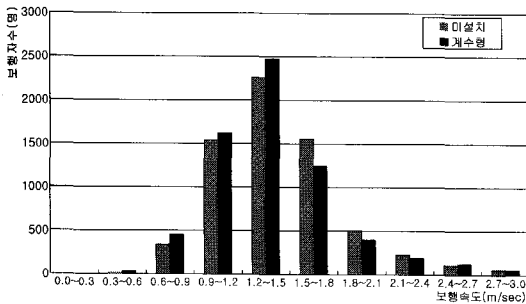
<표 7> 보행자 보행속도 기술적 통계량

구분	Min	5%	15%	Mean	85%	95%	Max	
보행자 횡단보행 속도	미설치시	0.52	0.89	1.08	1.44	1.76	2.18	2.95
	계수형	0.53	0.83	1.04	1.39	1.72	2.17	2.96
	역삼각형	0.55	0.86	1.04	1.42	1.77	2.27	2.99

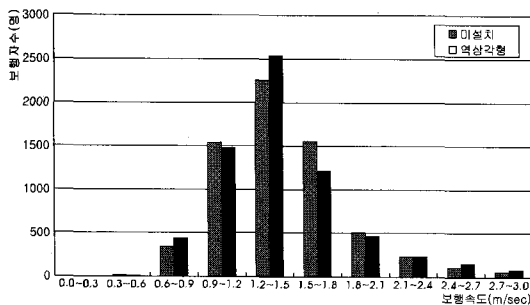
1. 보행속도 비교·분석

1) 미설치시와 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치의 보행속도 비교·분석

〈그림 7〉, 〈그림 8〉과 같이 보행자 보행속도는 미설치시와 계수형 및 미설치시와 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 모두 1.2~1.5m/sec 범위 내에서 가장 많은 보행이 이루어지는 것으로 분석되었으며, 미설치시 1.5~1.8m/sec 범위 내에서 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시보다 약 15% 많은 보행자가 보행하는 것으로 나타났다.



〈그림 7〉 미설치시와 계수형 잔여시간 표시장치 설치시 보행속도 분포



〈그림 8〉 미설치시와 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 보행속도 분포

미설치시와 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치( $\mu_1$ : 미설치시 보행자 보행속도 분포,  $\mu_2$ : 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치에서의 보행자 보행속도 분포) 설치시의 보행속도 분포의 차이를 검증하기 위한 가설은 다음과 같으며 적합도 검정을 위하여 신뢰수준 95%로  $\chi^2$ -test를 실시하였으며, 결과는 다음 〈표 8〉, 〈표 9〉와 같다.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

〈표 8〉  $\chi^2$ -test의 결과(미설치시와 계수형 잔여시간 표시장치 설치시)

분류	$\chi^2$	$\chi^{2*}$	$H_0$
값	17525.37	11.07	기각

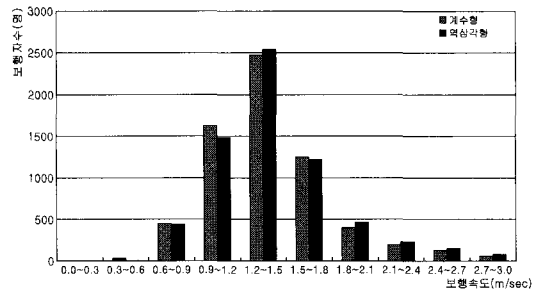
〈표 9〉  $\chi^2$ -test의 결과(미설치시와 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시)

분류	$\chi^2$	$\chi^{2*}$	$H_0$
값	16801.51	11.07	기각

$\chi^2$ 적합도 검정결과 미설치시와 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시의 보행자 보행속도는 통계적으로 차이가 있는 것으로 분석되었다.

2) 계수형과 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시의 보행속도 비교·분석

〈그림 9〉에서와 같이 보행자 보행속도는 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 모두 1.2~1.5m/sec 범위내에서 가장 많은 보행이 이루어지는 것으로 분석되었다.



〈그림 9〉 계수형과 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 보행속도 분포

계수형과 역삼각형 잔여시간 표시장치( $\mu_1$ : 계수형 잔여시간 표시장치에서의 보행자 보행속도 분포,  $\mu_2$ : 역삼각형 잔여시간 표시장치에서의 보행자 보행속도 분포) 설치시의 보행속도 분포의 차이를 검증하기 위한 가설은 다음과 같으며 적합도 검정을 위하여 신뢰수준 95%로  $\chi^2$ -test를 실시하였으며, 결과는 다음 〈표 10〉과 같다.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

〈표 10〉  $\chi^2$ -test의 결과(계수형과 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시)

분류	$\chi^2$	$\chi^{2*}$	$H_0$
값	16801.51	11.07	기각

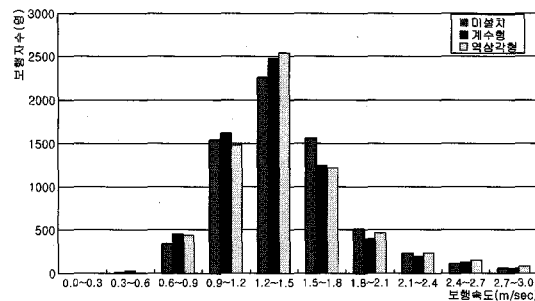
$\chi^2$  적합도 검정결과 계수형과 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시의 보행자 보행속도는 통계적으로 차이가 있는 것으로 분석되었다.

3) 미설치시, 역삼각형 및 계수형 잔여시간 표시장치 설치시의 보행속도 비교·분석

〈그림 10〉에서와 같이 보행자 보행속도는 미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 모두 1.0~1.5m/sec 범위내에서 가장 많은 보행이 이루어지는 것으로 분석되었다.

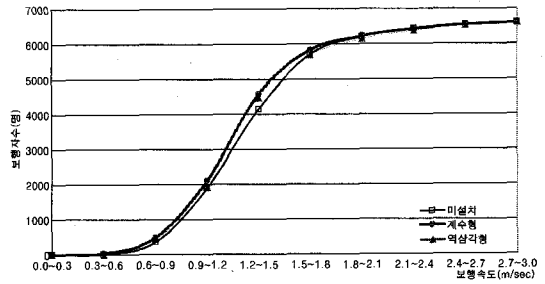
보행속도 1.5~1.8m/sec 범위 내의 속도로 보행하는 보행자가 미설치시가 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시보다 많은 반면에 1.2~1.5m/sec의 속도로 보행하는 보행자는 가장 적게 나타난 것은 보행자들이 미설치시보다 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 안정감을 느끼며 도로를 횡단하는 것으로 풀이할 수 있다.

이런 결과는 기존 보행신호에 익숙해져 있는 보행자로서 연령이나 성별에 따른 보행속도 차이를 나타내는 것으로 추정된다.



〈그림 10〉 미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 보행속도 분포

〈그림 11〉에서와 같이 보행속도누적분포를 보면 미설치, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 1.2~1.5m/sec범위내에서만 미설치 4,147명, 계수형 잔여시간 표시장치 설치시 4,576명이 보행하는 것으로 나타나 약 429명 정도가 차이나는 것으로 분석되었음



〈그림 11〉 미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 보행속도누적분포

며, 다른 범위내에서는 거의 동일한 보행자가 보행하는 것으로 분석되었다.

미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 ( $\mu_1$ : 미설치시 보행자 보행속도 분포,  $\mu_2$ : 계수형 잔여시간 표시장치에서의 보행자 보행속도 분포,  $\mu_3$ : 역삼각형 잔여시간 표시장치에서의 보행자 보행속도 분포) 설치시의 보행속도 분포의 차이 유무를 검증하기 위한 가설은 다음과 같다.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1 : \mu_1, \mu_2, \mu_3 \text{ 중에 적어도 하나는 다르다.}$$

〈표 11〉 분산분석(ANOVA) 결과

구분	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의 확률	
미설치, 계수형, 역삼각형 설치시의 횡단보행 속도	집단-간	7.416	2	3.708	24.655	0.00
	집단-내	2977.514	19797	0.150		
	합계	2984.93	19799			

분산분석 결과 〈표 11〉과 같이 미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 보행자의 보행 속도 분포에 대한 가설을 검증하기 위한 검정통계량(F)의 유의확률이 0.00으로 이는 유의수준 0.05보다 작으므로 신뢰수준 95%로  $H_0$ 를 기각하게 됨으로 미설치, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 설치시 보행자 보행속도 분포는 적어도 하나는 차이가 있는 것으로 분산분석 결과 검증되었다.

〈표 11〉의 분산분석 결과를 토대로 미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시의 보행자 속도분포의 차이가 어느 장치에 기인한 것인지를 검토하기 위해 Duncan's multiple range test를 신뢰수준



95%로 실시하였으며, 결과는 <표 12>와 같다.

<표 12> Duncan-test 결과

구분		평균	분산	Duncan Grouping		
보행자 횡단보 행속도	미설치	1.44	0.14	A		
	계수형	1.39	0.15		B	
	역삼각형	1.49	0.16			C
유의확률				1.00	1.00	1.00

<표 12>와 같이 검정 결과 미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시의 보행자 보행속도 분포는 각각 유의수준 1.00, 1.00, 1.00으로 보행신호 장치별 보행자 보행속도 분포는 차이가 있는 것으로 Duncan-test 결과 검증되었다.

<표 11>, <표 12>에서와 같이 분산분석 및 사후검정인 Duncan Test결과 평균과 분산의 차이는 적으나, 분산의 크기는 유사하나 표본수가 크며, <표 9>에서와 같이 분산의 형태가 다름을 의미하는 것으로 판단된다.

**2. 적합도 검정**

미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시의 보행자 보행속도가 따르는 분포를 검정하기 위해 적합도검정을 실시하였으며, 검정하기 위한 가설은 다음과 같으며 검정결과는 <표 13>에 정리하였다.

$H_0$  : 미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치 보행자 보행속도분포는 추정분포를 따른다.

$H_1$  : 미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치 보행자 보행속도분포는 추정분포를 따르지 않는다.

<표 13>각 분포의 적합도검정

구분	분포	검정통계량	K-S	$H_0$
<1>	Erlang	0.04	D0.05=0.043	Accept
<2>	Weibull	0.05	D0.05=0.051	Accept
<3>	Gamma	0.05	D0.05=0.051	Accept

- (1) 미설치시 보행속도분포
- (2) 계수형 잔여시간 표시장치 설치시 보행속도분포
- (3) 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 보행속도분포

신뢰수준 95%로 검정한 결과 <표 13>과 같이  $H_0$ 를 기각하여 (1)미설치시 보행속도분포는 Erlang(0.117,

10)분포, (2)계수형 잔여시간 표시장치 설치시 보행속도 분포는 Weibull(1.17, 3.72)분포, (3)역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 보행속도분포는 Gamma(0.137, 8.18)분포를 따르는 것으로 분석되었다.

**3. 차로수별 보행자 행태분석**

보행자 보행속도에 영향을 미칠수 있는 도로조건으로 차로수별 미설치시 및 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시의 보행자 행태분포 차이를 분석하기 위해 왕복 차로수를 기준으로 4차로, 5차로, 6차로, 7차로, 8차로, 10차로로 분류하여 조사를 실시하였으며, 본 연구에서는 차로수별 보행자 행태를 분석하기 위하여 보행자의 녹색등화와 녹색점멸 신호에 대한 반응과 보행자의 안전한 횡단시도 행태를 분석하기 위해 실시하였으며, 본 연구에서 행태 분석 1, 2, 3에 대해 다음과 같이 정의하였다.

**[행태 분석 1]**

$$B_1 = \frac{Ggp}{Tp}$$

$B_1$  : 보행자 행태(Behavior)1

$Ggp$  : 녹색 및 녹색점멸 신호에 횡단을 시작하여 적색 신호전에 횡단을 완료한 보행자 수

$Tp$  : 총 보행자 수

**[행태 분석 2]**

$$B_2 = \frac{Gp}{Gtp}$$

$B_2$  : 보행자 행태(Behavior)2

$Gp$  : 녹색 신호때 횡단 시작하여 적색신호전에 횡단을 완료한 보행자 수

$Gtp$  : 녹색 및 녹색점멸 신호에 횡단을 시작한 보행자 수

**[행태 분석 3]**

$$B_3 = \frac{gp - rp}{gp}$$

$B_3$  : 보행자 행태(Behavior)3

$gp$  : 녹색점멸 신호에 횡단 시작한 보행자 수

$rp$  : 녹색점멸 신호에 횡단 시작하여 적색 신호후에 횡단을 완료한 보행자 수

보행자 신호장치별·차로수별 보행자 행태분포의 차이 유무를 검증하기 위한 가설은 다음과 같다.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$$

$H_1 : \mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5, \mu_6$  중에 적어도 하나는 다르다.

**【행태 분석 1, 2, 3에 대하여】**

$\mu_1$  : 4차로에서의 보행자 행태분포

$\mu_2$  : 5차로에서의 보행자 행태분포

$\mu_3$  : 6차로에서의 보행자 행태분포

$\mu_4$  : 7차로에서의 보행자 행태분포

$\mu_5$  : 8차로에서의 보행자 행태분포

$\mu_6$  : 10차로에서의 보행자 행태분포

신뢰수준 95%로 분산분석시 결과값은 <표 14>와 같다.

<표 14>의 분석 결과에서 행태분석 1, 2, 3에 대하여 미설치시 및 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치

<표 14> 차로수별 보행자 행태분포의 분산분석(ANOVA) 결과

구분		제공합	자유도	평균제곱	F	P(F<=f) 검증값	
B1	미설치	집단간	0.033	5	0.010	0.356	0.871
		집단내	0.301	16	0.008		
		합	0.335	21			
	계수형	집단간	0.007	5	0.001	0.467	0.796
		집단내	0.049	16	0.003		
		합	0.056	21			
	역삼각형	집단간	0.118	5	0.024	0.304	0.904
		집단내	1.241	16	0.078		
		합	1.359	21			
B2	미설치	집단간	0.029	5	0.006	0.530	0.751
		집단내	0.174	16	0.011		
		합	0.203	21			
	계수형	집단간	0.007	5	0.001	0.584	0.712
		집단내	0.041	16	0.003		
		합	0.048	21			
	역삼각형	집단간	0.207	5	0.001	0.168	0.971
		집단내	0.759	16	0.007		
		합	0.966	21			
B3	미설치	집단간	0.045	5	0.009	0.880	0.517
		집단내	0.162	16	0.010		
		합	0.207	21			
	계수형	집단간	0.006	5	0.001	0.168	0.971
		집단내	0.119	16	0.007		
		합	0.125	21			
	역삼각형	집단간	0.296	5	0.059	0.991	0.454
		집단내	0.955	16	0.060		
		합	1.250	21			

시 차로수에 따른 보행자 행태분포의 검증값  $P(F<=f)$ 는 유의수준 0.05보다 크므로 신뢰수준 95%로  $H_0$ 를 채택하므로 각 보행신호 장치는 차로수에 따라 보행자 행태분포가 통계학적으로는 차이가 없는 것으로 검증되었다.

**V. 결론 및 향후 연구과제**

본 연구에서는 보행신호 잔여시간 표시장치에 따른 (1)보행자 보행속도를 비교·분석하였으며, (2)미설치시, 계수형 및 잔여시간 표시장치 설치시 보행속도 차이에 대한 통계적 검정을 통하여 차이 유무를 제시하였고, (3)각각에 대하여 적합한 분포를 검증하였으며, (4)보행자 신호시간 설계시 보행자 보행속도의 적용값을 제안하였다. 본 연구의 결과를 다음과 같이 정리하고, 연구의 향후과제를 제시하고자 한다.

**1. 결론**

1) 미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 평균보행속도는 1.44, 1.39, 1.42m/sec로 분석되었다.

2) 미설치시와 계수형 잔여시간 표시장치 설치시, 미설치시와 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시, 계수형과 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시, 보행자 보행속도는 통계적으로 차이가 있는 것으로 분석되었다.

3) 미설치시, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 보행자 보행속도 분포 차이 검정을 위해 Duncan's Multiple Range Test 결과 각각 유의수준 1.00으로 보행자 보행속도분포는 차이가 있는 것으로 검증되었다.

4) 보행자 신호시간 산출시 보행자 횡단보행속도를 적용할 경우 평균치보다 작은값을 적용하여 보다 안전한 횡단을 제공하기 위해 본 연구에서 분석된 보행속도 15%값을 기준으로 볼 때 1.0m/sec의 보행속도를 적용하는 것이 바람직하다.

5) 보행속도 1.5~2.0m/sec 범위 내의 속도로 보행하는 보행자가 미설치시가 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시보다 많은 반면에 1.0~1.5m/sec의 속도로 보행하는 보행자는 가장 적게 나타난 것은 보행자들이 미설치시보다 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 안정감을 느끼며 도로를 횡단하는 것으로 풀이할 수 있다.

6) 미설치시 보행속도분포는 Erlang(0.117,10)분포, 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치시 보행자 보행 속도분포는 각각 Weibull(1.17, 3.72)분포, Gamma (0.137,8.18) 분포를 따르는 것으로 분석되었다.

## 2. 향후연구과제 및 제언

본 연구 결과를 기반으로 하여 더욱 신뢰성 있는 보행신호 잔여시간 표시장치 및 보행신호 시스템으로 발전시키기 위해 향후 개선·정비 되어야 할 연구내용 및 과제는 다음과 같다.

- 1) 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시장치 설치·운영 활성화하기 위해서는 계수형 및 역삼각형 잔여시간 표시의 연령 및 성별 등 인지공학적 측면에서의 효과 분석 등의 연구가 선행되어야 한다.
- 2) 보행신호 잔여시간 표시장치 확대설치에 따른 노약자 및 어린이의 교통안전에 미치는 영향에 대한 연구가 수반되어 확대설치 방안을 마련해야 한다.

## 참고문헌

1. OECD International Road Traffic and Accident Database, 2005. 7.
2. 교통사고통계, 경찰청, 2003.
3. 교통안전시설실무편람(2000년 개정판), 경찰청, 2000.
4. AASHTO : American Association State Highway

- and Transportation, 2002.
5. 교통사고 조사 매뉴얼(Traffic Accident Investigation Manual), 도로교통안전관리공단, 2000.
6. 보행신호 잔여시간 표시장치 표준지침, 경찰청, 2002.
7. 보행신호등 잔여시간 표시기 시행에 따른 보행행태 및 효과분석, 대한교통학회, 2002. 3.
8. 잔여시간 표시장치에 따른 보행자의 특성 및 선호도에 관한 연구, 대한교통학회, 2002.11.
9. 계수형 보행신호 잔여시간 표시장치 설치효과 분석 연구, 교통안전연구논문집 제22권, 2003.
10. 보행 잔여신호기 도입에 따른 보행행태 변화에 관한 연구, 대한국토·도시계획학회지, 제39권 제1호, 2003.
11. Winnie Daamen and Serge P. Hoogendoorn, "Experimental Research of Pedestrian Walking Behavior", Transportation Research Board, 2003.
12. Richard L. Knoblauch, Martin T. Pietrucha and Marsha Nitzburg, Field Study of Pedestrian Walling Speed and Start-Up Time, Transportation Research Record 1538.
13. Jan. Botha and Ron Northouse, Pedestrian Countdown Signals Volume 1&2, City of San Jose Department of Transportation, 2002.

- ☎ 주 작 성 자 : 장명순
- ☎ 교 신 저 자 : 김경희
- ☎ 논문투고일 : 2006. 1. 24
- ☎ 논문심사일 : 2006. 3. 20 (1차)  
2006. 4. 12 (2차)  
2006. 4. 26 (2차)
- ☎ 심사판정일 : 2006. 4. 26
- ☎ 반론접수기한 : 2006. 10. 31