

■ 論 文 ■

보행자 신호체계에 대한 새로운 제안

A New Proposal of Pedestrian Signal Time

박 용 진

(계명대학교 공학부 교통공학과 부교수)

손 한 철

(계명대학교 도시공학과 대학원 박사수료)

박 종 규

(도로교통안전관리공단 안전시설과장)

김 종 태

(대구지방경찰청 경비교통과 안전계장)

목 차

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| I. 서론 | 1. 자료조사 |
| II. 보행자 신호시간 | 2. 보행속도 분석 |
| III. 새로운 보행자 신호시간 제안 | VI. 제안한 보행자 신호시간 비교분석 |
| IV. 신호운영현황 및 주기 증가 분석 | 1. 개정된 신호시간과 비교분석 |
| 1. 대구광역시 신호운영현황 | 2. 횡단거리에 따른 보행시간 비교 |
| 2. 시간대별 제어군의 신호주기 증가분 분석 | VII. 결론 |
| V. 보행특성 조사 및 분석 | 참고문헌 |

Key Words : 보행자 속도, 보행자 시간, 자유보행속도, 횡단보행속도, 적색점멸, 녹색점멸

요 약

도로교통법 보행자 신호 규정에 의거 개정된 보행자 신호시간은 보행자 안전을 도모할 수 있으나 신호 주기 증가로 인한 차량 지체 증가가 불가피한 상황으로 대구광역시의 경우 신호주기를 10초 이상 증가하여야 할 교차로는 시간대별로 분석하면 전체의 약 80%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구의 목적은 신호 시간의 증대를 최소화하면서 보행자의 안전을 도모하기 위한 새로운 보행자 신호시간을 제안하는 것이다.

본 연구에서 제시된 새로운 보행자 녹색시간은 노약자들도 충분히 건널 수 있는 시간으로 설정되고 점멸시간은 일반인도 횡단하기 어려운 시간을 배분함으로써 무리한 횡단을 미연에 방지할 수 있어 안전사고의 위험을 줄일 수 있는 안이다. 또한 녹색점멸은 보행자가 횡단을 시작하지 말아야 하므로 외국의 경우와 같이 보행자에게 진입을 자제할 수 있는 적색점멸로 전환하는 안을 제시하고자 한다.

본 연구에서 제시한 새로운 보행자 신호시간에 적용한 일반인의 자유보행속도는 대구광역시를 대상으로 조사한 1,105개의 자료를 바탕으로 분석된 15th-percentile 자유보행속도인 1.10m/초로 적용하였으며 노약자 15th-percentile 자유보행속도는 경찰청에서 제시한 0.9m/초 보다 적은 0.85m/초를 적용하였다. 보행자 신호시간에 적용하는 노약자 및 일반보행자의 자유보행속도는 각 도시의 보행자 특성에 따라 각 도시의 특성에 맞게 설정하는 것이 바람직할 것이다.

1. 서론

도로교통법 보행자 신호 규정은 『녹색 점멸 신호 시에는 횡단을 시작하여서는 아니 되고 이미 횡단중인 보행자는 신속하게 횡단을 완료하거나 그 횡단을 중지하고 보도로 되돌아와야 한다.』로 되어있고 개정된 보행자 횡단보도 신호체계는 도로교통법 시행규칙 제5조 제2항 별표3에 의거한 신호시간체계로서 경찰청 교기 63350-629에 의해 각 지방경찰청에 통보된 안이다.

개정된 횡단보도 신호시간은 <그림 1>과 같이 보행자 전시간(2-3초)과 횡단보도 횡단거리에 따라 1m당 1초씩 부여한 보행시간으로 구성되어있다. 보행시간은 녹색과 녹색점멸 시간으로 구성되어 있으며 녹색점멸 시간의 설정이 특별한 규칙 없이 도로폭에 따라 5~9초로 운영되었다. 그러므로 녹색시간 시작부에 출발하지 않는 보행자는 보행시간이 짧아 보행자 안전사고의 위험이 존재하고 있었다.

반면에 개정된 보행자 신호체계는 과거의 것과 비슷한 형태를 취하고 있으나 녹색 신호시간은 여유시간의 개념으로 4~7초를 부여하고 도로폭 1m 당 1초에 해당되는 시간을 모두 녹색점멸로 운영하는 방식이다. 개정된 보행자 신호시간 운영은 기존의 보행자 신호시간에 비하여 4~7초의 시간이 더 할당되어 녹색신호에 횡단을 시작한 보행자는 정상보행속도로 횡단이 가능하게 하며 녹색점멸 시간에는 횡단금지 기능을 갖게 되어 장애자와 노약자들의 무리한 보행을 방지할 수 있는 장점이 있다.

그러나 개정된 보행자 신호시간은 현시 당 4~7초의 녹색신호가 추가적으로 부여되어야 하기 때문에 도심지 가로에 적용할 경우 최대 28초의 신호주기 증가를 초래할 수 있으며 이에 따른 차량 지체발생이 예상된다. 특히 광로와 소로가 접한 교차로의 신호 운영은

최소녹색시간 적용으로 인하여 신호 주기의 증가와 교통량이나 보행자가 없는 비첨두 시간의 경우 신호 운영에 대한 운전자의 불신감을 야기(惹起)하는 결과를 초래 할 수도 있다.

또한 녹색점멸 시간이 길어져 보행자의 대기시간이 증대되어 지루하게 느껴지거나 무리하게 횡단을 시도할 수 있는 단점이 있으며 과거의 신호 종료 예고 기능이 상실될 가능성도 있다.

따라서 본 연구의 목적은 개정된 보행자 신호시간에 따른 신호 주기의 증가가 신호체계에 미치는 영향을 분석하고 신호시간의 증대를 최소화하면서 보행자의 안전을 도모할 수 있는 새로운 보행자 신호시간을 제안하는 것이다. 본 연구에서 제안된 보행자 신호시간은 대구광역시를 대상으로 검정하였다.

II. 보행자 신호시간

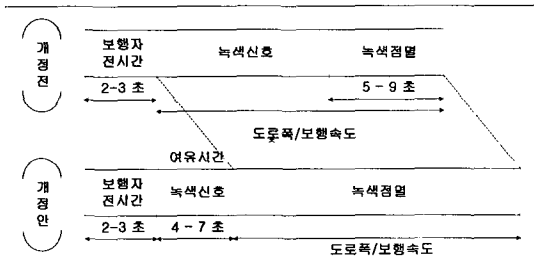
보행자 신호시간의 설정 기준은 보행자가 안전하게 횡단할 수 있는 충분한 시간을 산정하는 것으로 식(1)과 같이 일반적으로 여유시간과 횡단보도 거리에 따른 횡단시간으로 구성된다.

$$T = t + L/V \tag{1}$$

여기서,

- T : 보행자 신호시간(초)
- t : 여유시간으로 보행자 녹색시간임(초)
- L/V : 보행자 점멸시간(초)
- L : 횡단보도의 길이(m)
- V : 보행밀도와 지역구분에 따른 횡단보행속도 (m/초)

교통안전시설실무편람(1996)¹⁾에서는 보행자의 안전을 고려하여 횡단보행속도는 통상 1.0m/초를 적용하고, 학교 앞이나 노약자 등이 많은 횡단보도에서는 0.9m/초의 횡단보행속도를 제시하고 있다. 경찰청 교기에 따른 여유시간(t)은 4-7초이고 횡단보행속도는 1m/초로 적용되고 있다. 미국의 MUTCD(1988)⁴⁾에서는 우리나라 기준보다 다소 빠른 4.0ft/초 (1.2m/초)를 제시하고 있으며 신호 구성은 녹색시간은 여유시간 만큼 주어지고 점멸시간은 L/V 만큼 적색점멸로 운영되고 있다.



<그림 1> 보행자 신호시간 비교

미국 도로용량편람(HCM,1998)⁵⁾ 및 한국 도로용량편람(KHCM,1992)²⁾에서 제시한 보행자 신호시간은 식(2)와 같다.

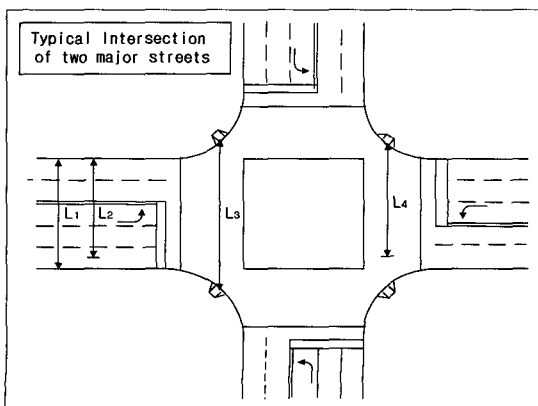
$$T = t + \frac{L}{V} - Y \quad (2)$$

여기서, Y : 황색신호시간(전적색시간 포함)

HCM에서는 여유시간을 7초로 적용하고 있으나, KHCM은 여유시간을 4~7초를 적용하고 있으며, 횡단보행속도는 모두 1.2m/초를 적용하였으며 타당한 이유가 있는 경우 변할 수 있다고 제시하고 있다. 또한 Kochevar & Lalani(1985)⁶⁾가 제시한 보행자 신호시간 산정식도 유사하며 이때 여유시간을 4~7초를 적용하였으며 횡단보행속도는 3.5~4.0ft/초를 적용하였다.

그러나 횡단보도의 횡단거리는 <그림 2>와 같이 MUTCD(1988), Dade County Ruling(1983), TCDH(1983), 및 Georgia Tech(1983)에서는 연석에서부터 횡단하는 도로의 마지막 차선의 중앙까지의 거리(L4)를 횡단거리로 적용하였으며, MTSD(1982), STSCT ITE(1980) 및 ITE Handbook(1982)⁷⁾에서는 도로폭(L1)을 적용하였으나 우리나라는 실제 횡단거리(L3)를 적용하고 있다.

그 외에도 횡단보도 보행자의 횡단특성에 관한 연구(1992)³⁾에서는 보행자 신호시간 산정시 지역유형, 주기당 양방향 보행자수, 횡단보도의 길이와 폭 등의 입력자료가 필요하며, 제안 산출된 횡단 출발 인지반



<그림 2> 횡단거리(Walking Distance)의 정의(L)

응시간, 보행자 대기행렬 수에 따른 지체시간, 횡단보도 횡단 보행속도의 값들을 이용하여 보행자 녹색 및 녹색 점멸 신호시간을 산정할 수 있도록 식(3)과 같이 제안하였다.

$$T = t + H \times (R - 1) + L/V \quad (3)$$

여기서,

H : 보행자 대기행렬수에 따른 지체시간(초)

R : 보행자 대기행렬수

호주의 Guide to Traffic Engineering Practice (1995)⁸⁾에서는 일반적으로 횡단보행속도는 보행밀도와 다른 교통저항요소 등에 의해 결정되며, 자유류 상태의 보행속도 분포는 0.74m/초~2.39m/초의 범위로 나타나고, 평균 자유보행속도는 1.35m/초를 나타내고 있다. 또한 호주에서는 교통신호기의 보행자 신호시간 산정시에는 보행자 평균 보행속도 1.20m/초를 적용하고 있다.

일본 市街地道路の 計劃と 設計(平成 3년)⁹⁾에서는 자유보행속도를 통행목적별(쇼핑, 행사·집회, 통근 등)로 구분하였으며, 交通信號の 手引(平成 6년),¹⁰⁾ 交通信號 制御技術(平成 3년)¹¹⁾에서는 보행자가 횡단하는데 필요한 신호시간은 횡단보행속도를 1m/초로 하여 보도 끝에서 보행을 시작하여 횡단을 완료하는데 까지 걸리는 시간으로 설정되었다. 그러나, 보행자 교통량이 많고, 주기당 횡단 대기하는 보행자가 많은 경우에는, 모든 보행자가 옆으로 일렬로 서서 횡단을 할 수 없기 때문에, 식(4)와 같이 횡단보행자 흐름의 연속시간을 고려하여 산출할 것을 제안하였다.

$$T = \frac{p}{Sp \times W} + \frac{L}{V} \quad (4)$$

여기서, T : 보행자 최소 현시시간(초)

p : 횡단시 보행자수(인)

Sp : 횡단보행자 교통류율(인/m/초)

W : 횡단보도의 폭(m)

횡단보행자의 clearance를 위해서, 보행자 신호현시의 후반부에 녹색점멸이 표시되어진다. 이 녹색점멸시간은, 횡단보행속도 1.5m/초로 하여, 보행자가

〈표 1〉 국내외 보행자 신호시간 비교 분석

출 처	최소녹색시간 산정식	보행자 신호시간		비 고
		녹색	점멸	
개정전	$T = \frac{L}{V}$	L/V		V=0.9m/초 (학교,노약자) L=L3 혹은 L1
		L/V - (5~9)	5~9	
		V = 1m/초		
경찰청 교기 63350-629 (개정안)	$T = t + \frac{L}{V}$	t	L/V	V=0.9m/초 (학교,노약자) L=L3 혹은 L1
		4~7	V=1m/초	
교통안전시설 실무편람 (경찰청 : 한국'96)	$T = t + \frac{L}{V}$	t	L/V	V=0.9m/초 (학교,노약자) L=L3 혹은 L1
		7	V=1m/초	
도로용량편람 (건교부 : 한국'92)	$T = t + \frac{L}{V} - Y$	t	L/V-Y	L=L3 혹은 L1 Y=yellow+all-red
		4~7	V=1.2m/초	
도로교통안전 관리공단 (한국'92)	$T = t + H*(R-1) + \frac{L}{V}$	t+H(R-1)	L/V	L=L3 혹은 L1
		7	V=1m/초	
MUTCD (미국'88)	$T = t + \frac{L}{V}$	t	L/V	L=L4 혹은 L2
		4~7	V = 1.07- 1.22 m/초	
HCM (미국'98)	$T = t + \frac{L}{V} - Y$	t	L/V	L=L4 혹은 L2 Y=yellow+all-red
		7	V=1.2m/초	
교통공학연구회 (일본'92)	$T = \frac{P}{Sp*W} + \frac{L}{V}$	T-L/V	L/V	Sp : 보행자 교통류율 (0.52~0.92) P : 보행자수
		Min:5초	V=1.5m/초 (Max:10초)	

주) L : 〈그림 2〉 참조

보도 끝으로부터 보행하기 시작하여 보행을 완료하기까지의 시간, 혹은 보도 끝으로부터 안전지대까지의 횡단완료시간으로 한다. 단, 이 시간이 너무 길면 보행자가 녹색점멸시간의 본래 의미(녹색신호 종료예고 기능)를 무시하고 이 시간에 새롭게 차도에 진입하는 경향을 조장하기 때문에 최대값은 10초 정도로 사용되어진다.

앞에서 설명된 보행자 신호시간을 녹색시간과 점멸시간으로 분리하여 정리하면 〈표 1〉과 같으며, 여기에서 적용되는 횡단거리(L)는 〈그림 2〉에서 나타낸 바와 같다.

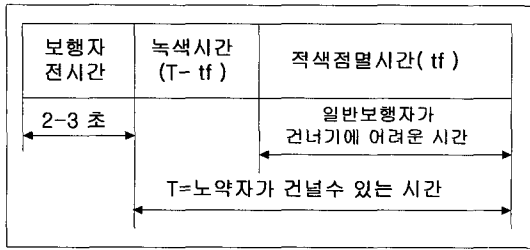
보행자 신호시간 계산에 있어서 미국의 적용 횡단거리는 L2 혹은 L4를 적용하는 반면에 현재 우리나라의 횡단거리는 이보다 긴 L1 혹은 L3을 적용하고 있고 횡단보행속도 1.22m/초로 우리나라에서 적용하는 1m/초 보다 큰 값을 적용하고 있다. 호주의 경우는 횡단보행속도를 1.2m/초를 적용하고 있으며 일본의 경우는 점멸시간에 적용되는 횡단보행속도는 1.5m/초를 적용하고 있는 실정이다.

III. 새로운 보행자 신호시간 제안

개정된 보행자 신호 시간은 보행자가 횡단할 수 있는 충분한 시간을 제시하고 있지만 신호주기의 증가로 인한 차량 지체 증가가 불가피한 상황이다. 또한 점멸시간은 과거의 점멸시간에 비해 길게 설정되어 과거의 보행자 신호 종료예고 기능이 상실되고 보행자 대기시간이 증대되어 지루하게 느껴지거나 무리하게 횡단을 시도할 수 있는 단점이 있다.

따라서 본 연구에서 제안한 새로운 보행 신호시간의 녹색시간과 점멸시간의 합은 노약자가 충분히 건널 수 있는 시간이 되고 점멸시간은 일반 보행자가 건너기 어려운 시간으로 적색점멸로 〈그림 3〉과 같이 설정하는 것이다.

보행자 신호시간은 노약자나 일반인들이 모두 횡단할 수 있는 시간(T)으로 경찰청에서 지정한 보행자 속도로 횡단하는데 걸리는 시간(L/V)에 노약자의 보행속도의 차를 이용하여 노약자도 횡단할 수 있는 보행시간 만큼 추가로 부여하는 것으로 식(5)와 같이 유도될 수 있다.



〈그림 3〉 새로 제안되는 보행자 신호운영시간

녹색시간은 노약자 보행속도(v_1)로 횡단할 수 있는 시간과 일반인의 보행속도(v_2)로 횡단할 수 있는 시간의 차로 식(6)과 같이 유도될 수 있다. 따라서 적색 점멸시간은 보행시간과 녹색시간의 차로 식(7)과 같이 유도 될 수 있다.

$$T = \frac{L}{V} + \frac{L(1 - v_1/V)}{v_1} \quad (5)$$

$$t = \frac{L(1 - v_1/V)}{v_1} - \frac{L(1 - v_2/V)}{v_2} \quad (6)$$

$$t_f = T - t = \frac{L}{V} + \frac{L(1 - v_2/V)}{v_2} \quad (7)$$

- 여기서, T : 보행자 신호시간(초)
- t : 여유시간으로 보행자 녹색시간임(초)
- t_f : 보행자 적색 점멸시간(초)
- L : 횡단보도의 길이(m)
- V : 경찰청 지정 보행속도 (m/초, 1.0m/초 적용)
- v_1 : 노약자 보행속도(m/초)
- v_2 : 일반 보행속도(m/초)

여기서 식(5, 6, 7)은 식(8, 9, 10)과 같이 간략하게 정리될 수 있다.

$$T = \frac{L}{v_1} \quad (8)$$

$$t = L \left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2} \right) \quad (9)$$

$$t_f = T - t = \frac{L}{v_2} \quad (10)$$

새로 제안되는 보행자 신호시간을 적용하기 위하여 개정되기 전에 운영되고 있는 신호현황과 보행자 신호 시간 설정에 필요한 보행자 속도를 대구광역시를 대상으로 조사·분석하였다.

IV. 신호운영 현황 및 주기 증가 분석

1. 대구광역시 신호운영현황

1) 교차로 형태별 운영현황

1998년 12월 현재 대구광역시 교통관제시스템은 기존시스템 126개소를 포함하여 688개소의 제어기가 등록되어 있다. 이들 제어기가 통제하는 운영형태는 〈표 2〉와 같이 보행자, 3거리, 4거리, 5거리등으로 구분된다. 4거리의 경우 323개소로 가장 많은 것으로 나타났으며, 5거리의 경우 9개소로 가장 적은 것으로 나타났다. 또한 보행자를 위한 신호 횡단보도가 181개소로 전체 신호등에 26.31%를 나타내고 있으며 3거리도 175개소가 운영되고 있는 것으로 나타났다.

2) 연동축 주기분포

대도시의 경우 주요 간선도로가 연동축으로 이루어져 있어 각 교차로의 신호주기의 증가는 연동축 전체 신호주기의 증가가 불가피하게 된다. 대구광역시의 경우 주요 간선가로의 제어 교차로군은 기존지역 및 기능개선지역으로 구분되어 있으며 신제어 시스템으로 운영되는 기능개선지역의 경우 대구광역시 90개의 제어군 중 86%인 77개 제어군으로 운영되고 있으며, 구제어 시스템인 기존지역의 제어군은 13개의 제어군으로 운영되고 있다. 그러나 매년 빠른 속도로 기존 지역의 제어군들이 신제어 시스템으로 교체되고 있는 실정이다.

대구광역시 제어군들의 오전 첨두시간대 신호주기

〈표 2〉 교차로 형태별 운영현황

구 분	교차로수(개소)	비율(%)
보행자	181	26.31
3 거리	175	25.44
4 거리	323	46.95
5 거리	9	1.31
합 계	688	100.00

〈표 3〉 연동축의 주기분포(오전 침두)

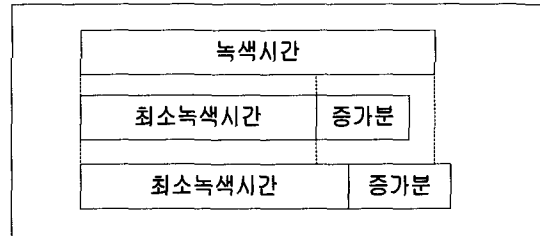
주기	연동축 번호		연동축수	비율 (%)
	기능개선지역	기존		
80	46		1	1
100	49,61,63	2	4	5
110	45	20	2	2
120	7,38,53	7,11	5	6
130	15,20,21,26,48,59,62,64,69	17,19,22	12	13
140	1.6,11,12,14,18,24,25,30,35,36,37,40,44,50,58,65,67,73	9,13,25	22	25
150	2,3,4,5,10,17,19,31,33,34,41,42,51,52,54,55,56,57,66,68,70,74,76,77	15,16	26	29
160	23,47,60	-	3	3
170	8,9,27,29	3	5	6
180	16,22,28,39,43,71,72	-	7	8
190	32	-	1	1
200	75	-	1	1
합계	76	13	89	100

주) 13번 검지기 전용 제어군 제외

운영현황은 〈표 3〉에 나타난 것과 같이 전체 제어군 중 검지기 전용 제어군을 제외한 89개의 제어군 중 29%인 26개 제어군이 150초로 가장 많이 운영되고 있으며, 140초로 운영되는 제어군이 25%, 130초로 운영되는 제어군이 13%순으로 나타났다. 또한 봉덕초등 제어군은 80초 운영되며 두류네거리 제어군에서는 200초로 운영되고 있다.

2. 시간대별 제어군의 신호주기증가분 분석

간선가로망 연동축에서 전 시간대를 대상으로 보행자 신호시간 개정안에 따른 신호주기 증가에 영향을 미치는 교차로 수를 전 시간대에 대하여 분석하였다. 예를 들어 4현시 동시신호로 운영되는 교차로에서 2개의 현시가 최소 녹색시간보다 적은 현시값을 가진다면 여유시간을 7초를 줄 경우 14초를 증가시켜야 하나 대구광역시의 신호주기 운영은 10초단위로 결정되어지기 때문에 20초의 신호주기가 증가해야 한다. 따라서, 〈그림 4〉와 같이 기존의 녹색시간이 기존의 최소녹색시간에 개정안에 따른 증가분을 더한 시간보다 작은 경우 신호주기 증가에 영향을 미치지 않으나 개정안에서 제시한 최소녹색시간이 기존의 녹색시간보다 큰 경우는 신호주기 증가에 영향을 미치게 된다. 따라서 대구광역시에서 운영되는 제어군의 시간대별 신호주기의 증가분을 분석하였다. 보행자 신호시간 개정안에 따른 최소녹색시간 증가로 인한 주기 증가분을 분석한 결과는 〈표 4〉에서 나타난 것처럼



〈그림 4〉 최소녹색시간 변경에 따른 신호주기 증가 개념도

〈표 4〉 최소녹색시간 증가에 따른 주기 증가분

구분	여유시간 (초)							
	7		6		5		4	
주기증가분	시간대별교차로수	비율 (%)	시간대별교차로수	비율 (%)	시간대별교차로수	비율 (%)	시간대별교차로수	비율 (%)
0배 (0초)	485 (349)	19.7 (22.3)	568 (411)	23.0 (26.3)	682 (475)	27.6 (30.4)	940 (658)	38.1 (42.1)
1배 (10초)	1838 (1150)	74.5 (73.6)	1767 (1096)	71.6 (70.1)	1676 (1055)	67.9 (67.5)	1455 (882)	59.0 (56.4)
2배 (20초)	139 (63)	5.6 (4.0)	129 (55)	5.2 (4.0)	109	4.4 (2.1)	72 (23)	2.9 (1.5)
3배 (30초)	6 (1)	0.2 (0.1)	4 (1)	0.2 (0.1)	1	-	1	-
전체	2468(1563)							

주) () : 오전, 오후, 비침두시간대(야간시간대 제외)

여유시간 7초를 적용하여 전체 교차로를 대상으로 하였을 경우 신호주기가 증가하지 않아도 되는 교차로가 485개소로 19.7%를 나타내고 있으며 주기를 10초이상 증가 증가하여야 할 교차로는 1,983개소로 전체의 약 80.3%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다. 여유시간을 6초, 5초, 4초를 적용할 경우 10초 이상 주기증가가 필요한 교차로의 수가 각각 전체의 74.2%, 69.6%, 57.9%를 차지하는 것으로 분석되었다.

따라서 개정된 보행자 신호시간을 적용하였을 경우 대구광역시의 경우 연동축의 대부분 교차로의 신호주기 증가가 불가피한 실정이다.

V. 보행특성 조사 및 분석

보행자 신호시간 산정식은 여유시간과 보행자 속도에 영향을 받으므로 보행자 속도를 조사·분석하였다. 보행자 속도는 그 특성에 따라 교차로 및 횡단보도의 횡단보행속도와 보행자 신호시간 결정에 적용되는 자유보행속도로 구분될 수 있으므로 보행자 횡단속도와 자유보행속도를 대구광역시를 대상으로 조사하여 비교·분석하였다.

1. 자료 조사

횡단보행속도는 주요 간선도로 연동축상의 신호등 설치 교차로 및 횡단보도를 대상으로 횡단보행자수가 많고 주요 시설이 위치한 지역으로 보행자 신호등이 설치된 장소를 선정 조사하였으며 자유보행속도는 주변환경 여건으로 인한 물리적이거나 심리적으로 영향을 받지 않는 보도로 평지이며, 보행자의 주의를 흐릴 만한 요소가 없는 한산한 보도를 선정하여 조사하였다.

조사지점은 <표 5>와 같이 신호교차로의 횡단보도 39개 지점과 단순횡단보도 3개 지점이고 자유보행속도를 위한 조사지점은 보도 19개 지점으로 전체 61개 지점을 조사하였다.

자료 조사방법은 비디오 촬영 방식으로 진행되었으며 조사 시간대는 첨두시간대를 중심으로 자료수가 많은 시간대를 고려하여 지점 당 30분~1시간씩 조사되었다.

<표 5> 보행특성 조사지점

구 분	횡단보행속도	자유보행속도
신호횡단보도	39개소	-
단순횡단보도	3개소	-
보 도	-	19개소
합 계	42개소	19개소

2. 보행속도 분석

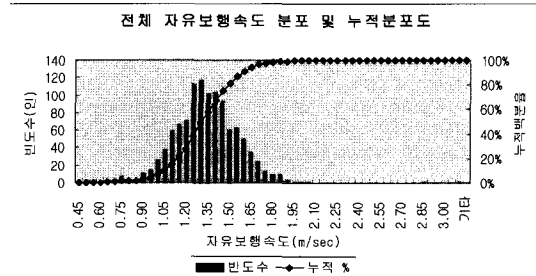
1) 자유보행속도

조사된 자료 전체에 대한 자유보행속도의 분석 결과는 <표 6>과 같이 평균속도는 1.32m/초로 나타났고, 보행자 신호시간 산정에 적용될 15th-percentile 속도는 1.10m/초로 분석되었으며, 이 값은 현행 보행자 신호시간 산출에 적용되고 있는 1.0m/초보다 다소 높게 분석되었다. 여기서 15th-percentile 속도의 의미는 전체의 85%가 1.10m/초보다 빠른 속도로 걷는 것을 의미한다. 전체 자유 보행속도 자료에 대한 분포 및 누적분포도는 <그림 5>와 같이 정규분포의 형태를 나타내고 있다.

현행 보행자 신호시간 산정에 적용되고 있는 횡단보행속도 1.0m/초는 연령별 차이 없이 일률적으로 적용되고 있어 조사된 자료를 어린이(초등학생 이하), 학생(중·고생), 20-40세, 40-60세, 60세 이상으로 분류하여 연령별 차이가 있는지를 분석하였다. 연령별 자유보행속도 중 어린이의 경우 관측지점에서 뛰

<표 6> 전체 자유보행속도 분석결과

구 분	관측수 (인)	15th-percentile 속도(m/초)	평균값 (m/초)
전체 자유 보행 속도	1,105	1.10	1.32



<그림 5> 전체 자유보행속도 분포 및 누적분포

〈표 7〉 연령별 자유보행속도 분석결과

구 분	어린이	학생	20 ~ 40세	40 ~ 60세	60세 이상
관 측 수(인)	7	84	619	316	76
평균속도(m/초)	1.16	1.43	1.35	1.27	1.05
15th-percentile 속도(m/초)	0.88	1.20	1.16	1.08	0.85

* 연령 미확인 3명은 포함되지 않았음.

어가거나 장난을 하며 걸어가는 보행자를 제외한 자료로서 다른 나이층에 비해 자료수가 적고 자료 중 나이가 확인되지 않은 3명은 제외되었다.

연령별 자유보행속도의 분석결과는 〈표 7〉과 같이 60세 이상의 경우 1.05m/초로 가장 낮게 나타났으며, 학생의 경우 1.43m/초로써 가장 높게 나타났다. 그리고 어린이, 20-40세, 40-60세의 경우는 각각 1.16m/초, 1.35m/초, 1.27m/초로 분석되었다.

ITE(Institute of Transportation Engineers)와 HCM(Highway capacity Manual)에서 보행자 신호시간 산정에 적용하는 15th-percentile 속도는 어린이와 60세 이상의 경우 각각 0.88m/초, 0.85m/초로 다른 나이층에 비하여 낮게 분석되었으나 현행 교통안전실무편람에서 적용하고 있는 어린이와 노약자의 보행속도인 0.9m/초와 유사한 값으로 분석되었다. 학생(중·고생)과 20-40세는 각각 1.2m/초와 1.16m/초로 기존 1m/초보다 빠른 것으로 분석되었으며 40-60세는 1.08m/초로 비슷하게 나타났다.

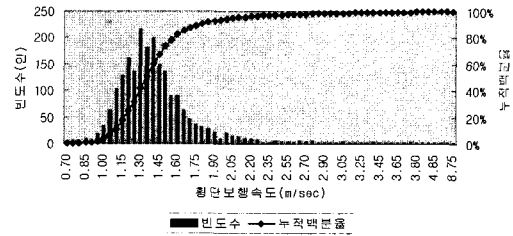
2) 횡단보행속도

횡단보행속도는 1,857명을 대상으로 횡단보도에서 보행속도를 조사 분석하였다. 분석결과는 〈표 8〉과 같이 횡단보행자 평균속도는 1.38m/초로 분석되었고, 15th-percentile 속도는 1.14m/초로 분석되었다. 이것은 현행 보행신호시간 산정에 적용되고 있는 보행속도인 1.0m/초보다 높게 나타났다. 횡단보행속도 분포 및 누적분포는 〈그림 6〉과 같이 자유보행속도의 분포와 같은 정규 분포 형태를 나타내고 있다.

〈표 8〉 전체 횡단보행속도 분석결과

구 분	관측수(인)	15th-Percentile 속도(m/초)	평균속도(m/초)
횡단보행속도	1,857	1.14	1.38

전체 횡단 보행속도 분포 및 누적분포도



〈그림 6〉 전체 횡단보행속도 분포 및 누적분포

〈표 9〉 연령별 횡단보행속도 분석결과

구 분	어린이	학생	20 ~ 40세	40 ~ 60세	60세 이상
관측수(인)	85	88	1,159	358	98
평균속도(m/초)	1.33	1.46	1.38	1.35	1.27
15th-percentile 속도(m/초)	1.08	1.24	1.14	1.13	1.09

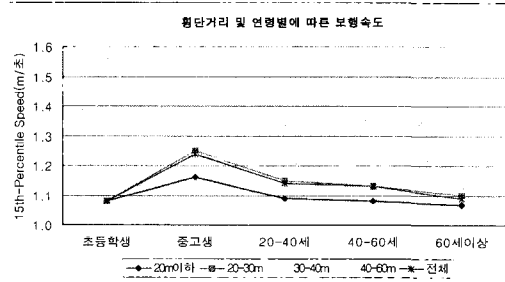
연령별 횡단보행속도를 분석한 결과는 〈표 9〉와 같이 15th-percentile속도는 어린이나 60세 이상인 경우 1.08m/초와 1.09m/초로 현재 적용하는 0.9m/초보다 높게 분석되었으나 학생은 1.24m/초로 미국에서 적용하는 1.2m/초보다도 높게 나타났으며 20-40대와 40-60대의 경우 각각 1.14m/초 및 1.13m/초로 미국의 1.2m/초에 근접하게 분석되었다.

횡단거리 및 연령별에 따른 횡단보행속도(15th-percentile) 분석결과는 〈표 10〉과 같이 횡단거리가 40-60m의 도로에서 어린이의 경우 1.53m/초로 가장 높은 횡단보행속도를 나타내고 있는 것으로 분석되었고, 횡단거리가 20m 이하의 거리에서 60세 이상의 경우 1.07m/초로 가장 낮은 횡단보행속도를 나타내고 있는 것으로 분석되었다. 연령이 확인되지 않은 69개의 자료는 평균보다 높은 보행속도를 나타내고 있다.

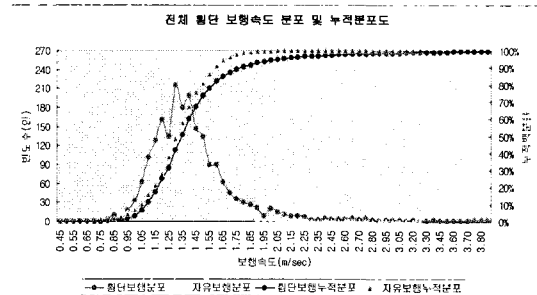
횡단거리에 따른 횡단보행속도의 변화 폭은 60세 이상에서 0.06m/초로 가장 변화가 적은 것으로 분석되었으며 어린이가 0.35m/초로 가장 변화가 많은 것으로 분석되었으며 그 외에는 0.15-0.27m/초로 변화가 크지 않은 것으로 분석되었다. 횡단거리에 따른 횡단보행속도의 변화는 〈그림 7〉과 같이 모든 연령에서 횡단거리의 길이가 길수록 보행자들의 횡단보행속도가 높아지는 것으로 분석되었다. 특히 어린이의 경우 횡단거리가 길수록 빠른 걸음으로 횡단을 하는 경우가 많지만 60세이상의 보행자는 횡단거리의 길이에 따른 횡단보행속도의 변화가 비교적 둔한것으로 나타났다.

〈표 10〉 횡단거리 및 연령별 횡단보행속도(15th-percentile) 분석결과 (단위:m/초)():표본수

횡단거리	연령	어린이	학생	20~40세	40~60세	60세 이상	미확인	전체
20m이하		1.08(34)	1.16(19)	1.09(279)	1.08(86)	1.07(37)	-	1.09(455)
20~30m		1.08(34)	1.25(44)	1.15(649)	1.13(218)	1.10(47)	-	1.14(992)
30~40m		1.26(15)	1.24(23)	1.18(203)	1.21(45)	1.14(13)	1.38(22)	1.19(321)
40~60m		1.53(2)	1.31(2)	1.33(28)	1.35(9)	1.13(1)	1.34(47)	1.34(89)
전 체		1.08(85)	1.24(88)	1.14(1159)	1.13(358)	1.09(98)	1.38(69)	1.14(1857)



〈그림 7〉 횡단거리 및 연령별 횡단보행속도 분포



〈그림 8〉 자유보행속도와 횡단보행속도의 분포 비교

〈표 11〉 보행자유속도와 횡단보행속도의 비교

구 분	관측수 (인)	평균속도 (m/초)	15th-Percentile 속도(m/초)
자유보행속도	1,105	1.32	1.10
횡단보행속도	1,857	1.38	1.14

3) 자유보행속도와 횡단보행속도의 비교 분석

전체 자유보행속도와 횡단보행속도를 비교·분석한 결과 〈표 11〉과 같이 횡단보행속도가 자유보행속도보다 대체로 높은 값을 나타내고 있는 것으로 분석되었다. 자유보행 평균속도와 횡단보행 평균속도는 각각 1.32m/초와 1.38m/초로 횡단보행 평균속도가 0.06m/초 높은 것으로 분석되었다. 15th-percentile 속도는 자유보행속도가 1.10m/초, 횡단보행속도가 1.14m/초로 횡단보행속도가 0.04m/초 높게 분석되었으나 두 속도의 차이는 매우 작은 것으로 나타났다. 또한 횡단보행속도의 분포와 자유보행속도의 분포는 〈그림 8〉과 같이 유사한 분포모양을 나타내고 있다.

Ⅶ. 제안한 보행자 신호시간 비교분석

본 연구에서 제안한 보행자 신호시간은 녹색시간과 점멸시간으로 구성되며 보행자 신호시간(T)은 노약자가 건널 수 있는 시간으로 설정하고 점멸시간은 적색

점멸로서 보통 보행속도로 건너기 어려운 시간으로 설정하는 것이다.

1. 개정된 신호시간과 비교 분석

제안한 보행자 신호시간의 타당성을 분석하기 위하여 자유보행속도의 15th-percentile 속도를 적용하였다. 자유보행 15th-percentile 속도는 대구광역시의 경우 1.1m/초로 횡단보행 15th-percentile 속도인 1.14m/초 보다 낮게 나타났으며 60세 이상의 보행자의 자유보행 15th-percentile 속도는 어린이의 자유보행속도보다 낮은 0.85m/초로 경찰청에서 권장한 0.9m/초보다 낮게 조사되었으므로 본 연구에선 0.85m/초를 적용하여 횡단거리에 따라 분석하였다. 조사된 15th-percentile 보행자 자유보행속도는 현재 적용되는 보행자 속도인 1m/초보다 높게 분석되었으며 외국의 경우 보행자 속도도 1~1.2m/초를 적용되고 있다.

보도와 차도가 분리된 일반적인 도로폭은 15m에서 50m이나 횡단거리의 범위는 20m에서 40m까지를 분석하고 개정된 보행자 신호의 여유시간은 교통안전실무편람에 통상 4~7초를 적용하도록 되어 있으며 지역에 따라 달라 적용될 수 있다. 그러나 보행자의 안전을 고려하여 여유시간을 7초를 적용하고 있어 본 연구에서도 7초 적용하였다.

횡단거리에 따른 보행자 신호시간은 <표 12>와 같이 개정된 보행시간은 17-47초로 나타났으며 본 연구에서 제안한 보행시간은 13-48초로 나타났다. 개정된 보행자 신호시간은 <표 12>의 차이(개정안-제안안)에서 나타나듯이 횡단거리가 35m를 초과할 경우 보행속도가 0.85m/초인 노약자가 건너가지에는 시간이 부족한 것으로 나타났다.

개정된 보행자 신호에 보행자 속도를 1.1m/초를 적용하였을 경우(개정안1.1)는 횡단거리가 25m를 초과하면 노약자가 횡단하기에 충분한 시간을 부여하지 못하는 결과를 초래하게 된다.

개정된 보행자 신호의 여유시간을 6초로 적용할 경우는 보행시간이 16-46초로 분석되어 보행신호시간은 줄었으나 횡단거리가 30m를 초과하면 노약자가 안전하

게 횡단할 수 있는 시간이 부족한 것으로 분석되었다.

또한 본 연구에서 제안한 보행자 신호시간 개정된 보행자 신호시간의 점멸시간보다 짧은 점멸시간과 녹색 점멸 대신 적색점멸로 설정함으로써 점멸시간에 무리한 횡단을 시도하는 것을 방지할 수 있는 장점이 있다.

2. 횡단거리에 따른 보행시간 비교

본 연구에서 제안한 보행자 신호시간을 보행횡단거리가 20m, 30m 및 40m에 적용하였을 경우는 <표 13>와 같이 보행횡단거리가 20m인 경우 개정안은 최대 7초의 여유시간을 갖는 27초로 설정되어 처음에 진입한 보행자는 0.74m/초의 횡단보행속도로 횡단을 하여도 횡단이 가능하나 보행자의 15th-percentile

<표 12> 횡단거리에 따른 보행 신호시간 비교

횡단거리(m)	개정안			제안안			개정안1.1			차이(개정안-제안안)			차이(제안안-개정안1.1)		
	T	t	t _r	T	t	t _r	T	t	t _r	T	t	t _r	T	t	t _r
10	17	7	10	13	4*	9	17	7	10	-4	-3	-1	-4	-3	-1
15	22	7	15	18	5	13	21	7	14	-4	-2	-2	-3	-2	-1
20	27	7	20	24	6	18	26	7	19	-3	-1	-2	-2	-1	-1
25	32	7	25	30	8	22	30	7	23	-2	1	-3	0	1	-1
30	37	7	30	36	9	27	35	7	28	-1	2	-3	1	2	-1
35	42	7	35	42	11	31	39	7	32	0	4	-4	3	4	-1
40	47	7	40	48	12	36	44	7	37	1	5	-4	4	5	-1

* : 최소 여유시간 4초 적용 적용보행속도 : V=1m/초, v₁=1.1m/초, v₂=0.85m/초

<표 13> 횡단거리에 따른 녹색시간 및 녹색점멸시간 설정 예

횡단거리 20m			횡단거리 30m			횡단거리 40m		
시간(초)	개정안	제안안	시간(초)	개정안	제안안	시간(초)	개정안	제안안
27	0.74		37	0.81		48		0.83
26	0.77		36	0.83	0.83	47	0.85	0.85
25	0.80		35	0.86	0.86	46	0.87	0.87
24	0.83	0.83	34	0.88	0.88	45	0.89	0.89
23	0.87	0.87	33	0.91	0.91	44	0.91	0.91
22	0.91	0.91	32	0.94	0.94	43	0.93	0.93
21	0.95	0.95	31	0.97	0.97	42	0.95	0.95
20	1.00	1.00	30	1.00	1.00	41	0.98	0.98
19	1.05	1.05	29	1.03	1.03	40	1.00	1.00
18	1.11	1.11	28	1.07	1.07	39	1.03	1.03
17	1.18	1.18	27	1.11	1.11	38	1.05	1.05
16	1.25	1.25	26	1.15	1.15	37	1.08	1.08
15	1.33	1.33	25	1.20	1.20	36	1.11	1.11

주) ■ : 녹색시간, □ : 녹색점멸시간, □ : 적색점멸시간, 괄호안 숫자 : 건널 수 있는 보행속도(m/초)

자유보행속도 1.1m/초보다 낮은 보행속도로 횡단을 하여 보행 신호시간의 효율성이 떨어지고 신호주기의 증가에 의한 차량의 지체도 증가할 것이다. 또한 보행자들이 27초의 보행 신호시간에서 18초를 남기고도 횡단이 가능하므로 녹색 점멸시간에 횡단을 시도하는 보행자가 많을 것으로 예상되므로 도로교통법 시행규칙을 위반할 수 있는 소지가 있다.

본 연구에서 제안한 새로운 안은 개정안 보다 보행자 신호시간을 3초 줄일 수 있으며 녹색시간 시작 시에는 보행자 예고 시간 2-3초 후 노약자가 0.85m/초 속도로 횡단할 수 있는 안전한 시간이 주어지고 적색점멸이 시작되는 시간은 일반인이 1.1m/초보다 빠른 속도로 횡단을 하여야 안전하게 횡단할 수 있어 점멸시간에 횡단을 시작하는 것을 방지할 수 있다.

횡단거리가 30m인 경우도 개정안의 신호시간보다 1초를 줄일 수 있는 36초로 설정되고 녹색시간 9초와 적색 점멸시간 27로 설정된다. 횡단거리가 40m인 경우 신호시간은 1초가 증가되나 본 연구에서 제시한 안은 노약자가 건널 수 있는 안전한 시간이 제시되며 점멸시간에 무리한 횡단을 방지할 수 있는 신호시간이 된다.

V. 결론

현재 운영중인 개정된 보행자 신호시간체계는 개정 전 운영체계와 같이 보행자 전시간, 녹색시간 및 녹색 점멸로 구성되어 있으나 녹색 시간은 여유시간 개념으로 4~7초가 부여되어 기존의 녹색시간과 녹색 점멸 시간에 해당되는 시간을 모두 녹색 점멸로 운영하는 방안이다. 따라서 개정된 보행자 신호시간 운영은 기존의 보행시간에 비하여 4~7초의 시간이 더 할당되어 기존 운영방안에 비해 보행자 안전을 도모할 수 있는 보행자 신호시간 체계인 반면에 신호 주기 증가로 인한 차량 지체 증가가 불가피한 상황으로 대구광역시의 경우 신호주기를 10초 이상 증가하여야 할 교차로는 전 시간대에 1,983개소로 전체의약 80.3%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

실제로 인근 광역시중 광주광역시의 경우 보행신호시간 개정에 따른 신호주기를 증가하여 실시하여 가로상의 지체 증가로 인하여 신호 주기 조절을 하고 있는 상황이다.

따라서, 본 연구의 목적은 개정된 보행자 신호시간에

대하여 신호시간의 증대를 최소화하면서 보행자의 안전을 도모하기 위하여 보행자 신호시간을 제안하는 것이다. 본 연구에서 제안한 보행자 신호 시간은 노약자가 안전하게 건널 수 있는 시간으로 설정하고 점멸시간은 일반 보행자가 건너기 어려운 시간으로 설정하고 점멸시간은 보행 시작을 방지하여야 하므로 녹색점멸을 적색점멸로 전환할 것을 제안한다.

새로 제안된 보행자 신호시간은 외국과 같이 보행자 속도를 도시마다 도시의 특성에 따라 결정할 수 있는 여지가 있는 신호시간이다.

본 연구에서는 대구광역시를 대상으로 조사한 1,105개의 자료 전체를 바탕으로 분석된 15th-percentile 자유보행속도인 1.10m/초로 적용하였으며 노약자의 15th-percentile 자유보행속도는 0.85m/초를 적용하였다. 적용된 보행자 속도는 1,857명을 대상으로 조사된 보행자의 15th-percentile 횡단보행속도인 1.14m/초보다 낮은 속도이고 노약자 보행속도는 경찰청이 제시한 0.9m/초 보다 낮은 속도를 적용하였다.

본 연구에서 제안된 보행자 신호시간은 대구광역시의 경우 횡단거리가 35m미만에서는 최소녹색시간을 줄일 수 있는 안으로 도시 전체교차로의 신호 주기 증가를 최소화 할 수 있다. 또한 점멸시간을 일반인도 횡단하기 어려운 시간을 배분함으로써 무리한 횡단을 미연에 방지할 수 있어 안전사고의 위험을 줄일 수 있는 안이다. 끝으로 녹색점멸은 보행자가 횡단을 시작하지 말아야 하므로 외국의 경우와 같이 보행자에게 진입을 자제할 수 있는 적색점멸로 전환할 것을 제안한다.

추후 연구과제로서 각 도시의 보행자 속도를 조사 분석하여 제시되어야 하고 각 도시가 대부분 연동으로 운영되고 있으므로 신호 주기의 증가에 따른 연동축의 지체를 최소화 할 수 있는 운영방안에 대한 연구가 수행되어야겠다.

참고문헌

1. 경찰청, "교통안전시설실무편람", 1996.
2. 대한교통학회, "도로용량편람", 1992.
3. 장덕명·박종규, "횡단보도 보행자의 횡단특성에 관한 연구", 도로교통안전협회, 1992.
4. U.S. DOT, FHWA. "Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways",

- U.S. Government Printing Office, 1988.
5. Special Report 209, "Highway Capacity Manual", TRB. NRC, 1998.
 6. Robert A. Kochevar and Nazir Lalani, "How Long Should a Safe Pedestrian Clearance Interval Be?", ITE JOURNAL, May, 1985.
 7. ITE, "Traffic Engineering Handbook", Prentice Hall, 1992.
 8. Austroads, "Guide to Traffic Engineering Practice", Part 13 - Pedestrians, Sydney, 1995.
 9. 吉岡昭雄, "市街地道路の 計劃と 設計", 交通工學實務双書-4, 社團法人 交通工學研究會, 平成 3年.
 10. "交通信號の 手引", 社團法人 交通工學研究會, pp.45~46, 平成 6年.
 11. "交通信號の 制御技術", 社團法人 交通工學研究會, pp.69~70, 平成 3年.
- ✉ 주 작 성 자 : 박용진
- ✉ 논문투고일 : 2000. 10. 6
 논문심사일 : 2000. 12. 19 (1차)
 2001. 3. 20 (2차)
 2001. 4. 12 (3차)
 2001. 5. 4 (4차)
 심사판정일 : 2001. 5. 4