

■ 論 文 ■

# 신호교차로 횡단보도 설치기준에 관한 연구

Development of Design Criteria for Crosswalks at Signalized Intersections

**하 태 준**

(전남대학교  
토목공학과 부교수)

**박 제 진**

(전남대학교 토목공학과  
Post Doc. 연수과정)

**이 형 무**

(전남대학교  
토목공학과 석사과정)

## 목 차

### I. 서론

1. 연구배경 및 목적
2. 연구내용 및 방법

### II. 기존 연구문헌 고찰

1. 도시부 횡단보도의 위치선정에 관한 연구
2. 보행자 횡단보도 설치기준에 관한 연구
3. 교차로 교통사고 영향요소 분석을 통한 사고감소 방안에 관한 연구
4. 기존 연구의 한계

### III. 신호교차로 횡단보도 보행자사고 자료수집 및 분석

1. 사고자료수집 및 현장조사

### 2. 사고자료의 분석

### IV. 횡단보도 보행자사고율 예측모형개발

1. 모형설정 과정
2. 종속변수와 독립변수의 설정
3. 횡단보도 보행자사고율 예측모형 구축
4. 모형의 적합도 검정
5. 접근로별 횡단보도 설치형태 결정과정

### V. 결론 및 향후 연구과제

1. 결론
2. 향후 연구과제

참고문헌

Key Words : 신호교차로, 횡단보도, 설치형태, 사고유형, 횡단보도 보행자사고율 예측 모형

## 요 약

현재 우리나라에 설치된 횡단보도 형태는 횡단보도 정지선의 수, 교차로 연석선으로부터 이격된 거리, 교통섬의 유·무에 따라 네 종류가 있으나 각 형태별 횡단보도 설치기준이 모호한 실정이다.

본 연구는 보행자 안전측면에서 광주광역시내 50개 신호교차로 횡단보도를 중심으로 보행자와 차량이 상충하여 발생한 횡단보도 보행자사고(113건)를 횡단보도 형태별로 차량 교통량, 횡단보도 보행량, 교차로 기하구조, 신호현시 등의 자료를 수집하여, 유의수준 0.1에서 여러 변수를 고려한 다중회귀분석으로 횡단보도 형태별 보행자사고율에 대한 회귀모형식을 도출하였다. 그리고 각 횡단보도 형태별 보행자사고율( $y_i$ )을 사고건수( $Y_i$ )로 재차 환산하여 가장 작은 사고건수가 추정된 횡단보도 형태를 결정하는 과정을 제시하였다.

따라서 본 연구의 결과는 각 접근로별로 신설 될 신호교차로의 횡단보도 또는 기 설치된 횡단보도의 보행자 사고를 줄이기 위해 어떠한 형태의 횡단보도를 설치해야 하는가에 대한 의사결정 문제를 해결 줄 수 있을 것이다.

본 연구는 한국과학재단 2003년도 지역대학우수과학자지원연구(R05-2003-000-10767-0)로 수행되었음.

# 1. 서론

## 1. 연구배경 및 목적

신호교차로 내에 존재하는 횡단보도는 접근하는 차량이 정지하여 있는 동안 보행자가 안전하게 도로를 횡단할 수 있도록 하기 위한 교통안전시설물이다.<sup>1)</sup> 그러나 신호교차로 내에서 발생하는 횡단보도사고는 직진차량의 경우 차량신호가 바뀌는 황색신호나 보행자신호가 바뀌는 녹색점멸신호에서 보행자와 차량이 횡단보도라는 공간을 동시에 점유하게 될 때 발생하고, 우회전차량의 경우 우회전시 횡단보도를 침범함으로써 발생하게 된다. 이는 부적절한 횡단보도의 위치, 비효율적으로 운영되는 신호시간, 운전자나 보행자의 안전의식 부족 등이 복합적으로 작용하여 횡단보도사고를 유발시킨다. 특히, 신호교차로에서 부적절한 횡단보도의 위치는 보행자를 사고위험에 무방비 상태로 노출시킴으로써 보행자사고에 대한 위험을 가중시키거나 치명적인 인명피해 사고를 발생시킨다.

현재 우리나라에 설치된 횡단보도 형태는 횡단보도 정지선의 수, 교차로 연석선으로부터 이격된 거리, 교통섬의 유·무에 따라 네 종류가 있으나 각 형태별 횡단보도 설치기준이 모호한 실정이다. 즉, 신설될 신호교차로의 횡단보도 또는 기 설치된 횡단보도의 보행자사고를 줄이기 위해 어떠한 형태의 횡단보도를 설치해야 하는가하는 문제에 대한 방법을 제시하지 못하는 실정이다.

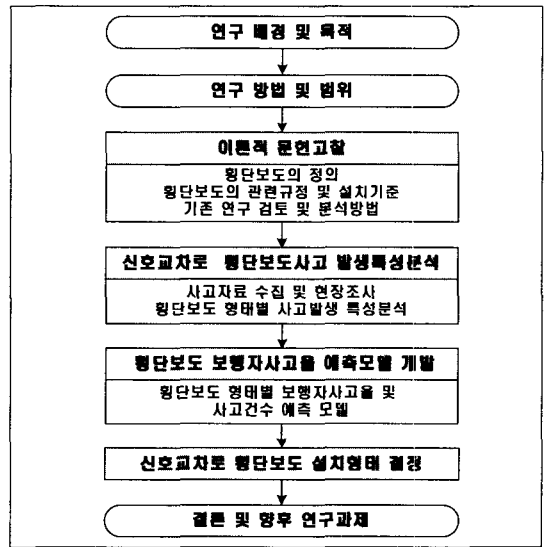
따라서 본 연구는 신호교차로 횡단보도 보행자의 안전성 측면에서 접근로별 최적 횡단보도 설치형태를 결정하는 방법을 제시하고자 한다. 이를 위해 광주광역시 신호교차로 횡단보도를 중심으로 보행자와 차량이 상충하여 발생한 횡단보도사고를 횡단보도 형태별로 차량 교통량, 횡단보도 보행량, 교차로 기하구조, 신호현시 등의 자료를 수집하여 분석하였다.

## 2. 연구내용 및 방법

본 연구의 횡단보도 보행자 사고자료는 도로교통안전관리공단에서 교통사고 잦은지점으로 선정된 광주광역시내 주요 신호교차로에서 1996년부터 1998년(3년동안)까지 발생한 전체사고 중 횡단보도 보행자사고를 대상으로 수집하였다(경찰서 104호서식). 수집된 사고 관련자료를 <그림 3>과 같은 횡단보도 형

태에 따라 분류하였고, 현장조사를 통하여 횡단보도 보행량, 차량 및 보행자 신호현시, 교차로 기하구조 등에 대한 자료를 수집하였다.

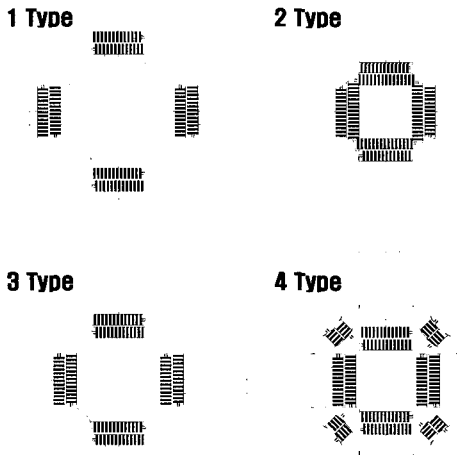
다음으로, 여러 변수를 고려한 다중회귀분석으로 횡단보도 형태별 보행자사고율(사고건수)에 대한 회귀식을 도출하고, 각각의 정립된 모형을 이용하여 신호교차로에서 실질적으로 적용할 수 있는 횡단보도 설치형태 결정방법을 제시하였다. 본 연구의 수행절차는 <그림 1>과 <그림 2>와 같다.



<그림 1> 연구 수행 과정



<그림 2> 분석 수행 과정



〈그림 3〉 횡단보도 설치형태

- 1 Type : 차량정지선이 횡단보도 전/후방에 설치되어 있어 진행차량이 횡단보도를 통과하여 대기할 수 있는 공간이 있는 형태
- 2 Type : 횡단보도가 측면차량 진행방향의 연석선상(가각선의 끝지점)에 근접하여 설치된 형태
- 3 Type : 횡단보도가 측면 좌·우회전차량 1대가 대기할 수 있는 공간인 약 4~5m후방(가각선의 시작지점부터)에 설치된 형태
- 4 Type : 교통섬에 횡단보도가 설치된 형태

II. 기존 연구문헌 고찰

1. 도시부 횡단보도의 위치선정에 관한 연구<sup>6)</sup>

홍의선<sup>6)</sup>은 보행자 행태분석, 사고분석, 사고의 심각도(EPDO) 분석결과 횡단보도 형태 3 Type이 다른 형태의 횡단보도 보다 더 안전함을 제시하였고, 그 중 횡단보도 형태 2 Type에 대해서 식(1)과 같은 회귀식을 도출하였다.

$$y = 0.003226X_1 + 0.486975X_2 + 0.270561X_3 + 0.0000555X_4, R^2 = 0.763 \quad (1)$$

- y : 교통사고 발생건수
- X<sub>1</sub> : 교차로 넓이(m<sup>2</sup>)
- X<sub>2</sub> : 횡단보도 폭(m)

- X<sub>3</sub> : 차로폭(m)
- X<sub>4</sub> : 총접근 교통량(ADT)

2. 보행자 횡단보도 설치기준에 관한 연구<sup>2)</sup>

도로교통안전공단<sup>2)</sup>에서는 보도의 연석선에 근접하게 설치된 횡단보도는 연석선에서 떨어져 설치된 횡단보도보다 회전차량과 보행자간의 상충이 2배 이상 많고, 차량소통 측면에서도 효율성이 떨어짐을 제시하고 있다.

교차로내에서 횡단보도 보행자 안전과 교차로 차량소통을 향상시키기 위하여 직진/우회전 공용차로(교차로 접근로 최하위 1개 차로)의 우회전 차량비율에 근거하여, 우회전후 차량 대기공간의 소요길이에 따른 횡단보도 설치위치 기준(안)을 정량적으로 제시하였다.

〈표 1〉 교차로내 연석선과 횡단보도간 허용간격

직진/우회전 공용차로의 우회전비율(R)		연석선과 횡단보도간 허용간격	
왕복4차로 경우	왕복6차로 경우	차량대수	길이(m)
25% ≥ R	17% ≥ R	1대	4.3m
25% < R ≤ 42%	17% < R ≤ 34%	2대	8.6m or 교통섬
42% < R	34% < R	3대	12.9m or 교통섬

주) 승용차 1대 평균길이 : 4.3m

3. 교차로 교통사고 영향요소 분석을 통한 사고 감소 방안에 관한 연구<sup>5)</sup>

최희수<sup>5)</sup>는 신호교차로내 횡단보도의 위치를 결정하기 위하여 MEV당 사고율, 횡단보도폭, 대형차진입률, 보행자수, 차로당 교통량, 가각끝에서 횡단보도까지의 거리, 차로폭, 일평균교통량, 그리고 교차로내 길이에 대한 회귀분석을 실시하여 식(2)와 같은 회귀식을 제시하였다.

$$y = -0.07686 + 0.71468 \times 10^{-3} X_3 + 0.20478 X_6, R^2 = 0.34342 \quad (2)$$

- y : MEV당 사고율
- X<sub>3</sub> : 보행자수(인/시간)
- X<sub>6</sub> : 차선폭(m)

#### 4. 기존 연구의 한계

- 홍의선<sup>6)</sup>, 최희수<sup>5)</sup>은 4 Type을 제외한 1 Type, 2 Type, 3 Type만을 대상으로 연구하여 횡단보도 설치형태별(1 Type, 2 Type, 3 Type, 4 Type)로 사고율 또는 발생건수를 비교했을 때 어느 정도 안전한가에 대한 비교·평가의 척도(정량적인 값)를 제시하지 못하고 있다.
- 도로교통안전관리공단<sup>2)</sup>의 횡단보도 설치위치 기준(안)에서는 횡단보도 사고에 주체가 되는 횡단보도 보행량(보행자)이 포함되지 않은 상태로 도출되어져 있다.

### III. 신호교차로 횡단보도 보행자사고 자료 수집 및 분석

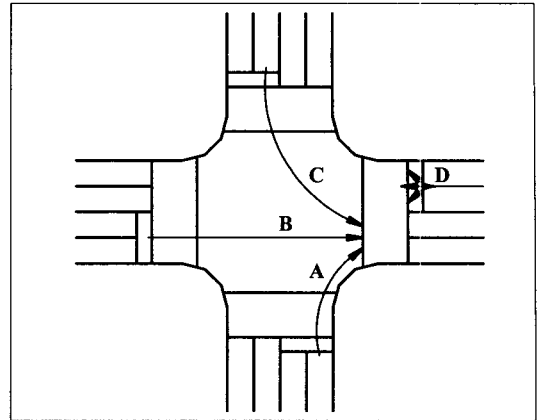
본 연구의 진행을 위해 두 가지 가정을 설정하였다.

- 가정 1 : 신호교차로 내 보행자와 운전자는 교통신호를 준수한다. 즉, 보행자는 녹색신호(보행등)를 확인한 후 횡단을 시작하여 적색신호가 켜지기 전에 횡단을 완료하고, 차량운전자는 (↓↑), (↖↑) 신호에 따라 주행하고 황색점멸신호나 적색신호를 보고 정지한다.
- 가정 2 : 신호교차로 횡단보도별 현재(2002년)와 과거(1996, 1997, 1998년)의 신호현시, 기하구조, 그리고 횡단보도 형태는 동일하다.

#### 1. 사고자료수집 및 현장조사

##### 1) 사고자료수집

도로교통안전관리공단에서 교통사고 잦은지점으로 선정한 광주광역시내 주요 71개 신호교차로에서 3년 동안(1996~1998년) 발생한 교통사고는 411건이었고, 411건의 사고 중 신호교차로 횡단보도 내에서 발생한 보행자사고는 66개 신호교차로에서 222건이었다. 222건의 횡단보도 보행자사고를 횡단보도 형태에 따라 사고건수, 발생년월일시, 사고차종, 위반형태, 피해정도(사망·부상·경상) 등을 파악하였고, 사고상황도를 작성하였다. <그림 4>는 사고유형으로, 임의의 접근로에서 횡단보도를 침범하여 사고를 야기시킨 차



<그림 4> 사고유형

량의 진행 방향에 따라 사고유형 A, B, C, D로 분류한 것이다.

교통사고와 관련하여 운전자와 보행자의 심리적인 면을 처리하기에는 큰 어려움이 있다. 본 연구의 사고유형 A, B, C, D 중 B, C의 사고원인은 대부분 운전자의 신호위반인 것으로, 사고유형 A, D는 차량이 횡단보도를 침범하여 보행자를 가격한 보행자의무위반인 것으로 나타났다. 신호위반에 따르는 운전자의 심리적 상태를 정량화하는 데는 한계가 있어 사고유형 B, C의 사고는 본 연구에서 제외시켰다.

가정 1과 신호교차로의 차량과 보행자의 신호현시를 고려해 볼 때, 차량신호가 직진(↓↑, NB, SB)이거나 직진·좌회전(↖↑, NB, EB)일 때는 WB의 보행자 녹색신호등이 켜져 보행자가 횡단보도를 횡단하게 된다. 따라서 정상적인 신호교차로 횡단보도사고는 우회전차량에 의한 사고유형 A와 직진차량에 의한 사고유형 D가 된다.

이러한 점을 감안하여 사고유형 A와 D에 해당하는 사고자료를 재차 파악하여 연구를 수행하였다. 그 결과 50개 신호교차로 77개 횡단보도에서 13건의 사고(1 Type : 20건, 2 Type : 23건, 3 Type : 32건, 4 Type : 38건)가 발생한 것으로 나타났다.

#### 2) 조사항목선정 및 조사

조사항목은 기존 문헌고찰에서 신호교차로 횡단보도 보행자사고에 밀접한 영향을 미치는 변수로 선정하였고, 이에 따라 본 연구의 조사에서는 사고유형 A, D에 해당하는 50개 신호교차로의 차량 교통량,

횡단보도 보행량, 교차로 교차각, 차로폭, 차량 및 보행자 신호현시를 조사하였다.

(1) 차량 교통량, 교차각, 차로폭

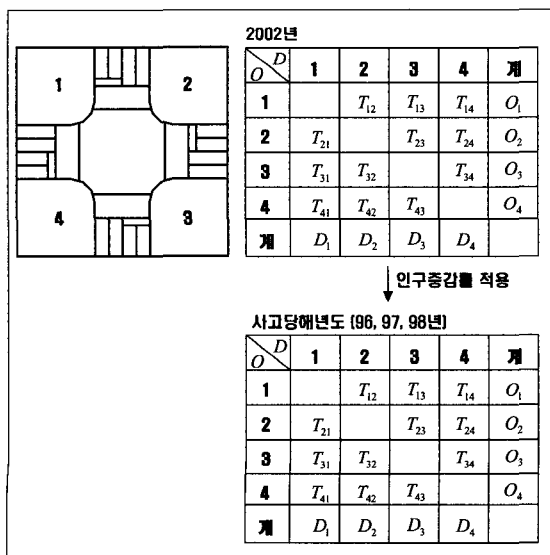
사고유형 A, D에 해당하는 50개 신호교차로의 차량 교통량은 1996, 1997, 1998년에 해당하는 광주광역시 전자교통신호체계 교통량 조사자료를 이용하였다. 교차각과 차로폭은 신호교차로의 도면(CAD도면)을 입수하여 파악하였고, 누락된 도면에 대해서는 현장조사를 시행하였다.

(2) 횡단보도 보행량, 차량 및 보행자 신호현시

50개 신호교차로에 대한 횡단보도 보행량과 차량 및 보행자 신호현시는 토, 일요일을 제외한 2002년 10월 10~16일, 18~19시에 조사원을 투입하여 실시하였다.

기준년도인 2002년에 조사된 횡단보도 보행량은 적정의 추정 방법을 통해 사고 당해년도(1996, 1997, 1998년)의 횡단보도 보행량으로 변환시켜 적용해야 한다. 이를 위해 다음과 같은 방법으로 사고 당해년 횡단보도 보행량을 추정하였다.

- ① 신호교차로를 시계방향으로 1, 2, 3, 4구역으로 설정하여 기준년도(2002년)에 조사된 횡단보도 보행량을 O-D 표로 작성하였다.



〈그림 5〉 사고당해년 횡단보도 보행량 추정 방법

- ② 광주광역시에서 교통계획을 위해 구분한 86개 교통존의 인구추이를 1996년부터 2002년까지 조사한 후, 2002년에 대한 인구증감율을 '1'로 하여 1996, 1997, 1998년도 인구증감율을 계산하였다.
- ③ 2002년  $i \rightarrow j$ 의 통행수와  $i$ 존의 사고당해년 인구증감율의 곱을 계산하여 사고지점별 사고당해년 구역간 O-D 표를 작성하였다.
- ④ ③에서 작성한 O-D표를 이용하여 해당 횡단보도 보행량을 추정하였다.

2. 사고자료의 분석

횡단보도 형태별 사고자료를 분석한 결과 횡단보도 수당 사고건수는 평균 1.468 (건/수)로 1, 2, 3, 4 Type중에서 2 Type이 가장 작게 발생한 것으로 나타났다. 사고건수당 EPDO는 1 Type이 5.3으로 가장 심각함을 알 수 있다. 『보행자 횡단보도 설치기준에 관한 연구』<sup>2)</sup>에서 2 Type이 보행자의 안전성면에서 가장 위험하고 차량소통측면에서 효율성이 떨어짐을 제시하였으나, 광주광역시에서는 2 Type이 다른 Type 보다 안전한 경향을 보이고 있다. (〈표 2〉, 〈표 3〉) 횡단보도 보행자사고 113건에 대한 발생시간별 비율을 보면 16시~23시에 39.8%(45건)로 높은 비율을 차지함을 알 수 있다 (〈표 4〉, 〈그림 6〉).

〈표 2〉 형태별 횡단보도수당 사고건수

구분	사고건수	횡단보도수	사고건수 / 횡단보도수
1 Type	20	13	1.538
2 Type	23	18	1.278
3 Type	32	21	1.524
4 Type	38	25	1.520
계	113	77	1.468

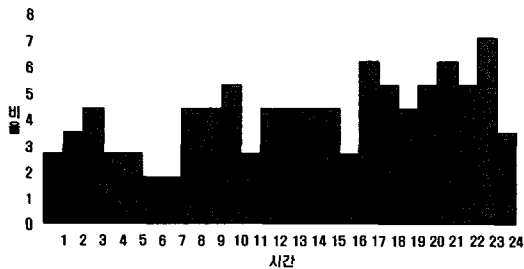
〈표 3〉 형태별 사고건수당 EPDO

구분	사망	부상	경상	EPDO	EPDO / 사고건수
1 Type	2	11	9	106	5.30
2 Type	0	13	10	95	4.13
3 Type	1	13	19	134	4.19
4 Type	0	19	22	161	4.24
계	3	56	60	496	4.39

주) EPDO=12×사망자수+5×중상자수+3×경상자수

〈표 4〉 횡단보도사고 발생시간별 사고건수

발생시간	건수	비율	발생시간	건수	비율
0~ 1	3	2.7	12~13	5	4.4
1~ 2	4	3.5	13~14	5	4.4
2~ 3	5	4.4	14~15	5	4.4
3~ 4	3	2.7	15~16	3	2.7
4~ 5	3	2.7	16~17	7	6.2
5~ 6	2	1.8	17~18	6	5.3
6~ 7	2	1.8	18~19	5	4.4
7~ 8	5	4.4	19~20	6	5.3
8~ 9	5	4.4	20~21	7	6.2
9~10	6	5.3	21~22	6	5.3
10~11	3	2.7	22~23	8	7.1
11~12	5	4.4	23~24	4	3.5
			계	113	100.0



〈그림 6〉 횡단보도 보행자사고 발생시간별 비율

#### IV. 횡단보도 보행자사고율 예측모형개발

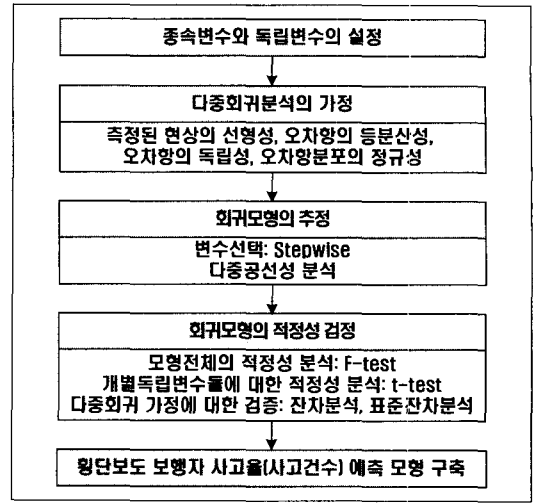
##### 1. 모형설정 과정

횡단보도 형태별 보행자사고율 예측모형은 일반적으로 사용되는 다중회귀분석 방법을 이용하였다. 이에 대한 절차는 〈그림 7〉<sup>4)</sup>와 같다.

##### 2. 종속변수와 독립변수의 설정

###### 1) 종속변수의 설정

연구대상이 된 50개 신호교차로의 횡단보도 형태별 사고에 대한 종속변수를 단순히 교통사고건수라는 절대적인 수치에 의존하기에는 무리가 따르므로, 교통량의 영향을 반영한 백만진입차량당 교통사고율(AR)을 적용한 상대적인 비교기준으로 종속변수를 설정하였다.



〈그림 7〉 사고율 예측모형 설정과정

$$AR_i = y_i = \frac{\text{년간교통사고건수}}{ADT \times 365\text{일}} \times 10^6 \quad (3)$$

- $i = 1, 2, 3, 4\text{type}$
- 1, 2, 3Type :  $ADT = ADT_A + ADT_D$
- 4Type :  $ADT_A, ADT_D$

##### 2) 독립변수의 설정

###### (1) 사고유형A에 대한 독립변수 ( $X_1$ )

사고유형A의 교통량은 우회전교통량( $q_A$ , 대/시간)이다. 1, 2, 3 Type의  $X_1$ 은 보행자가 차량에 노출되는 횡단시간 동안의 횡단보도 통과교통량으로 해당 횡단보도의 신호시간(녹색+점멸,  $t$ )와 보행자 신호주기( $T$ )를 고려하여 다음과 같이 산출하여 대수를 취한 값으로 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$X_1 = \ln\left(q_A \times \frac{t}{T}\right) \quad (4)$$

4 Type은 연속적인 교통류이므로  $t$ 와  $T$ 를 고려하지 않고 우회전 교통량에 대수를 취한 값인 ( $X_1 = \ln q_A$ )로 나타내었다.

###### (2) 사고유형D에 대한 독립변수 ( $X_2$ )

사고유형D의 교통량은 횡단보도를 통과하기 이전 교통량으로 1, 2, 3 Type은 「 $q_D = \text{좌회전} + \text{직진} + \text{우회전 교통량}$ 」이지만, 4 Type은 횡단보도 이전에 우

회전차량이 도류화되므로 「 $q_D = \text{좌회전} + \text{직진 교통량}$ 」이 된다. 따라서, 종속변수는 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$X_2 = \ln\left(q_D \times \frac{t}{T}\right) \quad (5)$$

- $q_T$  : 횡단보도 통과이전 직진교통량(대/시간)
- $q_R$  : 횡단보도 통과이전 우회전교통량(대/시간)
- $q_L$  : 횡단보도 통과이전 좌회전교통량(대/시간)

(3) 횡단보도 보행량에 대한 독립변수

$$X_3 = \ln P \quad (6)$$

- $P$  : 사고발생 지점과 당해연도에 해당한 횡단보도 보행량(인/시)

(4) 교차각에 대한 독립변수

$$X_4 = \ln I \quad (7)$$

- $I$  : 교차로 교차각(degree)

(5) 차로폭에 대한 독립변수

$$X_5 = \ln L \quad (8)$$

- $L$  : 차로폭(m)

3. 횡단보도 보행자사고율 예측모형 구축

본 연구의 회귀모형의 추정을 위한 통계프로그램으로 SPSS(Statistical Package for Social Sciencess)<sup>3)</sup>을 이용하였다. 본 연구에서는 신뢰수준을 90%로 하여 사고율 예측모형 설정 과정에 따라 회귀모형을 추정하였고, 회귀모형의 적정성 검정을 통해서 최종적인 횡단보도 형태별 보행자사고율(사고건수) 예측모형을 다음과 같이 구축하였다.

1) 1Type에 대한 보행자사고율 예측모형 구축

(1) 진입/제거된 변수

Stepwise 변수선택 방법(기준 : 입력할 F의 확률  $\leq 0.10$ , 제거할 F의 확률  $\geq 0.15$ )에 의하여 진입된 변수는  $X_2, X_5$ 이다.

(2) 다중공선성분석

구분	공차한계	VIF(분산확대지수)
(상수)	-	-
$X_2$	0.391	2.561
$X_5$	0.391	2.561

공선성 점검을 위하여 상태지수와 분산비율을 볼 수 있으나 공차한계와 분산확대지수를 많이 이용한다. 선택된 변수( $X_2, X_5$ )는 공차한계가 0.1보다 크고, VIF는 10보다 훨씬 작으므로 공선성의 문제가 없다고 할 수 있다.

(3) 모형전체의 적정성 분석(F-test)

구분	제공합	자유도	평균제공	F	유의확률
선형회귀분석	1.059	2	0.53000	30.751	0.000
잔차	0.155	9	0.01723		
합계	1.214	11			

다중회귀모형 전체가 유의성이 있다고 할 수 있는 지에 대한 검토를 위하여 F-test를 실시하였다.

$F = 30.751$ 이고  $f_{(K, n-k-1; \alpha)} = f_{(2, 7; 0.1)} = 3.01$ 에서  $F > f$ 이므로 귀무가설은 기각되고 이 모형은 유의하다고 할 수 있다.

(4) 개별독립변수들에 대한 적정성 분석(T-test)

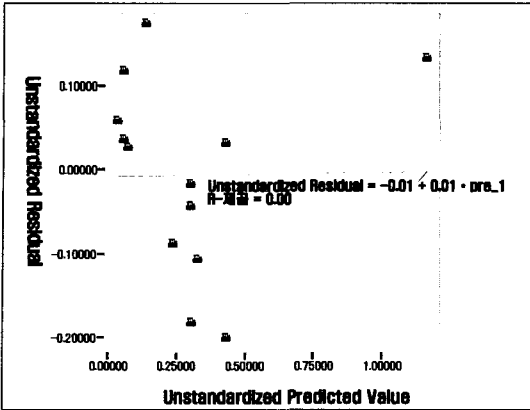
구분	비표준화 계수		표준화 계수	T	유의확률
	B	표준오차	베타		
(상수)	0.685	0.341		2.006	0.076
$X_2$	-0.344	0.051	-1.277	-6.700	0.000
$X_5$	0.461	0.172	0.511	2.683	0.025

다중회귀모형에 도입된 각 독립변수들이 유의한가에 대한 검토는 T-test로 하였다.

$t_{(a/2, n-k-1)} = t_{(0.05, 9)} = 1.83$ 에서, 변수  $X_2$  :  $(|T| = 6.700 > t = 1.83)$ 이고, 변수  $X_5$  :  $(|T| = 2.683 > t = 1.83)$ 이므로 귀무가설이 기각되어 모형의 각 변수들은 유의하다고 할 수 있다. 또, P-Value 값이 각각 0.000, 0.025로 0.1보다 작으므로 귀무가설을 기각시킴을 알 수 있다.

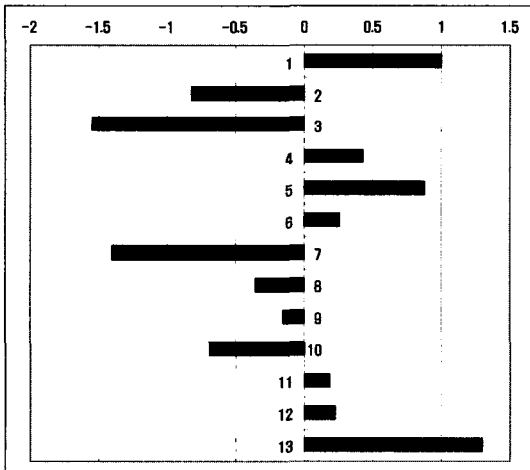
(5) 다중회귀 가정에 대한 검증

- ① 오차항은 평균이 "0"이다.
- ② 오차항은 분산이 항상  $\sigma^2$ 이다.
- ③ 오차는 서로 독립적이다.



①, ②, ③에 대한 점검은 잔차의 산점도를 통하여 수행하였다. 잔차가 "0"을 중심으로 고르게 분포하고 있으므로 가정에 잘 부합됨을 알 수 있다.

④ 오차는 정규분포를 따른다.



표준화잔차 분포에서 약 77%가 -1~1 영역에서 (기준 : 68%이상)나타나며, 100%가 -2~2영역에 (기준 : 95%이상)존재하므로 ④의 가정에 잘 부합됨을 알 수 있다.

**(6) 1 Type 횡단보도 보행자사고율 예측모형**

예측모형 설정 과정에 따라 추정된 1 Type 횡단보도 보행자사고율 예측회귀모형은 식(9)와 같다.

$$y_1 = 0.685 - 0.344X_2 + 0.461X_5, R^2 = 0.872 \quad (9)$$

**2) 2, 3, 4 Type 횡단보도 보행자사고율 예측모형**

1 Type에 대한 보행자사고율 예측모형 구축방법에 따라 2, 3, 4 Type의 모형은 식(10), (11), (12), (13)과 같이 도출되었다.

• 2 Type

$$y_2 = 0.375 - 0.299X_2 - 0.0865X_1 + 0.193X_3 + 0.209X_5, R^2 = 0.875 \quad (10)$$

• 3 Type

$$y_3 = 3.676 - 0.241X_2 + 0.124X_3 - 0.556X_4 - 0.0791X_1, R^2 = 0.880 \quad (11)$$

• 4 Type

$$y_{4,A} = 5.343 - 0.724X_1, R^2 = 0.837 \quad (12)$$

$$y_{4,D} = 0.728 - 0.234X_2 + 0.06275X_3 \quad (13)$$

$$+ 0.144X_5, R^2 = 0.833$$

4 Type의 경우 모형이 2개인 이유는 보도에서 도류화 횡단보도를 지나 교통섬으로 진입하는 보행량과 교통섬에서 도로를 횡단하여 다음 교통섬으로 진입하는 보행량이 다르기 때문이다. 따라서 각각의 사고는 독립적이므로 우회전교통량에 의한 보행자사고 모형 ( $y_{4,A}$ )은 직진교통량을 배제하였고, 직진교통량에 의한 보행자사고 모형 ( $y_{4,D}$ )은 우회전교통량을 배제하여 각각의 회귀식을 도출하였다.

**4. 모형의 적합도 검증**

이상에서 도출된 모형식의 적합도를 검증하기 위하여 모형식에서 도출된 사고율과 실제 사고율에 대한 대응표본 T분석 (Paired t-test)을 수행하였다. 검정의 귀무가설은 모형식에서 도출된 사고율과 실제 사고율에는 차이가 없다고 설정했고, 대립가설은 차이가 있다고 설정했을 때 검정의 결과는 <표 5>와 같다. 신뢰구간 90%에서 귀무가설이 기각됨으로써 예측사고율과 실제사고율간에 차이가 없음을 판단할 수 있어 모형식이 타당함을 알 수 있다.



〈표 5〉 대응표본 T 검정결과 (90% 신뢰구간)

구분	t 값	유의확률 (양쪽)	귀무가설 기각여부
1 Type	0.684	0.564	기각불가
2 Type	-0.125	0.912	기각불가
3 Type	-2.341	0.144	기각불가
4 Type(A)	0.523	0.653	기각불가
4 Type(D)	-1.562	0.259	기각불가

### 5. 접근로별 횡단보도 설치형태 결정과정

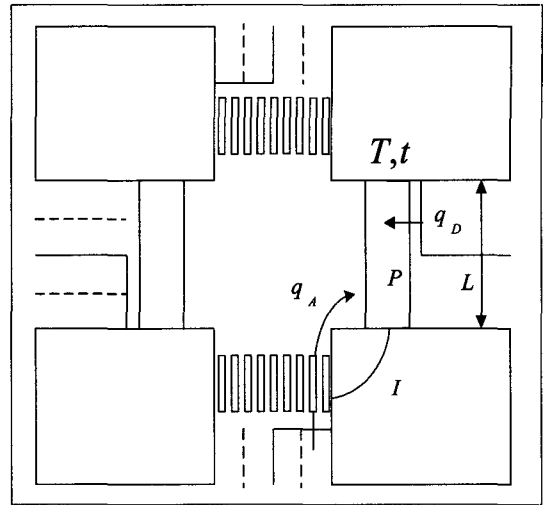
새로 신설 될 신호교차로의 횡단보도 또는 기 설치된 횡단보도의 보행자사고를 줄이기 위해 어떠한 형태의 횡단보도를 설치해야 하는가에 대한 의사결정 문제를 해결하기 위해서 본 연구에서 도출된 모형을 이용하여 접근로별 횡단보도 설치형태 결정과정을 제시하고자 한다.

임의의 신호교차로 접근로 횡단보도에 〈그림 8〉과 같은 도로조건 있다고 했을 때 이 접근로의 최적 횡단보도 형태는 〈그림 9〉에 따라 결정될 수 있다.

여기서,

- $q_A$  : 우회전교통량(대/시간)
- $q_D$  : 직진교통량(대/시간) ( $q_D = q_T + q_R + q_L$ )
- $q_T$  : 횡단보도 통과이전 직진교통량(대/시간)
- $q_R$  : 횡단보도 통과이전 우회전교통량(대/시간)
- $q_L$  : 횡단보도 통과이전 좌회전교통량(대/시간)
- $T$  : 보행자 신호주기(초)
- $t$  : 보행자 신호기간(녹색+점멸)(초)
- $P$  : 횡단보도 보행량(인/시)
- $I$  : 교차로 교차각(degree)
- $L$  : 차로폭(m)
- $ADT_A$  :  $q_A$ 에 대한 일평균 교통량
- $ADT_D$  :  $q_D$ 에 대한 일평균 교통량

접근로별 횡단보도 설치형태 결정과정에 따라 도출된 예측사고율로 1, 2, 3 Type 간에는 횡단보도의 설치형태 순위를 결정할 수 있지만, 4 Type을 포함한 전체 순위는 4 Type의 예측사고율이 2개( $y_{4,A}$ ,  $y_{4,D}$ )이므로 판단할 수가 없다. 따라서 사고율( $y_i$ )을 사고건수( $Y_i$ )로 재차 환산하여 가장 작은 사고건수가 도출된 횡단보도 형태로 설치해야 한다.



〈그림 8〉 임의의 도로 조건

<b>자료 수집</b>	
$q_A, q_D(q_T, q_L, q_R), T, t, P, I, L$	
↓	
<b>변수 계산</b>	
1,2,3 Type	$X_1 = \ln\left(q_A \times \frac{t}{T}\right)$ $X_2 = \ln\left(q_D \times \frac{t}{T}\right), \quad q_D = q_T + q_L + q_R$ $X_3 = \ln P, \quad X_4 = \ln I, \quad X_5 = \ln L$
4 Type	$X_1 = \ln q_A$ $X_2 = \ln\left(q_D \times \frac{t}{T}\right), \quad q_D = q_T + q_L$ $X_3 = \ln P, \quad X_4 = \ln I, \quad X_5 = \ln L$
↓	
<b>횡단보도 형태별 사고율(<math>y_i</math>) 예측</b>	
$y_1 = 0.685 - 0.344X_2 + 0.461X_5$ $y_2 = 0.375 - 0.299X_2 - 0.0865X_1 + 0.193X_3 + 0.209X_5$ $y_3 = 3.676 - 0.241X_2 + 0.124X_3 - 0.556X_4 - 0.0791X_1$ $y_{4,A} = 5.343 - 0.724X_1$ $y_{4,D} = 0.728 - 0.234X_2 + 0.06275X_3 + 0.144X_5$	
↓	
<b>횡단보도 형태별 사고건수(<math>y_i</math>) 예측(건/년)</b>	
1,2,3 Type	$Y_i = \frac{y_i \times (ADT_A + ADT_D) \times 365}{10^6}$
4 Type	$Y_4 = \frac{(y_{4,A} \times ADT_A + y_{4,D} \times ADT_D) \times 365}{10^6}$
↓	
<b>최적의 횡단보도 설치 형태 결정</b>	
사고건수가 가장 작게 예측된 횡단보도 형태로 한다. 「 $\min\{Y_1, Y_2, Y_3, Y_4\}$ 인 횡단보도」	

〈그림 9〉 접근로별 횡단보도 설치형태 결정과정

## V. 결론 및 향후 연구과제

### 1. 결론

본 연구는 신호교차로 횡단보도의 설치형태 결정방법을 제시하기 위하여 광주광역시내 50개 신호교차로에서 발생한 횡단보도 보행자 사고 113건을 이용하여 횡단보도 형태별 보행자사고율(사고건수) 예측모형을 개발하였다.

- 횡단보도 보행자사고율 예측모형은  $\alpha=0.1$  수준에서 교통량, 횡단보도 보행량, 차로폭, 교차각을 변수로 설정하여 통계적 처리기법인 다중회귀분석을 통해 도출되었고, 적합도 검정을 통해 신뢰성이 입증되었다.
- 개발된 예측모형을 적용하여 임의의 도로조건에 대한 횡단보도 보행자사고건수를 예측하여 가장 안전한 횡단보도 설치형태에 대한 결정방법을 제시하였다.

### 2. 향후 연구과제

- 본 연구에서는 인구증감율만을 이용하여 사고당해 년도의 횡단보도 보행량을 추정하였으나 횡단보도 보행량은 토지이용과 관련된 여러 가지 요인에 따라 민감하게 변화하므로 이를 고려한 횡단보도 보행량을 추정해야 할 것으로 판단된다.

- 접근로 네 방향(EB, WB, SB, NB)의 사고건수를 예측한 결과 한 교차로에 각기 다른 횡단보도 설치형태가 도출되어질 수도 있는데 이러한 경우 운전자 및 보행자의 혼선을 유발시킬 가능성이 높으므로 해당 교차로에 한 두가지 형태로 통일시켜 설치할 수 있도록 하는 세부적 기준 제시에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.
- 본 연구에서는 운전자 및 보행자의 심리적으로인을 배제하기 위하여 사고유형 A, D만으로 연구를 수행하였으나, 이를 대변할 수 있는 변수를 고려하여 사고유형 B, C를 포함한 전체 사고유형에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

### 참고문헌

1. 경찰청(2000), 교통안전실무편람.
2. 도로교통안전관리공단(1998), 보행자 횡단보도 설치 기준에 관한 연구.
3. 이학식·김영(2001), SPSS 10.0 매뉴얼-통계분석방법 및 해설, 법문사.
4. 차석빈의 4인(2001), 다변량 분석의 이론과 실제, 학현사.
5. 최희수(1987), 교차로 교통사고 영향요소 분석을 통한 사고감소 방안에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문.
6. 홍의선(2000), 도시부 횡단보도의 위치 선정에 관한 연구, 명지대학교 석사학위논문.

✉ 주 작 성 자 : 하태준

✉ 논문투고일 : 2003. 1. 7

논문심사일 : 2003. 2. 19 (1차)

2003. 3. 2 (2차)

심사판정일 : 2003. 3. 2

✉ 반론접수기한 : 2003. 12. 31

### **A Study on Driver Behavior and Dilemma Zone during Yellow Interval at Signalized Intersections**

LEE, Seung-Hwan · LEE, Sung-Ho · PARK, Ju-Nam

objective of this research is to analyze drivers' behaviors at signalized intersection during yellow interval. For this, deceleration rate of stopping, PRT(Perception-Response Time), and the relationship between dilemma zone and deceleration rate of stopping were surveyed at two signalized intersections located at urban area(Songtan and Suwon) and local area(Yongin). As a result, the deceleration rate of stopping at signalized intersections and a range of dilemma zone were estimated. It was found that the deceleration rate of stopping and PRT were  $1.6\text{m}/\text{sec}^2$  and  $1.27\text{sec}$ , respectively. These values are bigger than ITE's values which have been used in our country. Accordingly, it is considered that these values should be used as a new design criteria for the traffic signal control.

### **Analyzing Passenger Arrival Behavior Based on the Spent Time for Airport Access**

OH, Sung-Yeol · KIM, Wonkyu · PARK, Yonghwa

In general, an airport access system has influenced on airport terminal operation. The congestion and delay in service facilities at an airport are definitely depended on the patterns of passenger arrival behavior and time spent in a terminal. Therefore, it is necessary to analyze the passenger arrival behavior at an airport to improve the operations at passenger terminal. Passenger arrival patterns to an airport are mainly depended on factors such as the length of access time, reliability of access time, and provision of transport modes, etc. The focus of this paper is to estimate the relationship between the length of access time and passenger's total time spent to board aeroplane. For this, passenger surveys were conducted at the Gimpo International Airport for a large airport and Sacheon

Airport for a small size airport. The mathematical relationship between arrival time at an airport prior to the scheduled time of departure(STD) and access time spent was then estimated. It is considered that the results of this study can be used to reduce congestion and delays, thereby to improve the efficiency of the passenger services at the airports.

### **Quantitative Evaluation Indicators for the City Bus Route Network**

LEE, Sang-Yong · PARK, Kyoung-a

A balanced evaluation system for a bus route network was proposed for a mid-sized suburban city. The evaluation system consists of 7 criteria - accessibility, riding comfort, transfer rate, directness of route, productivity of operation, regional equity, and minimum requirement of bus fleet - and quantitative indicators representing each of the criteria. The proposed system was applied in Siheung, a suburban city in Seoul Metropolitan Area. Four alternative scenarios of bus route network including the existing one were evaluated. The results showed that the suggested criteria and indicators are acceptable for the evaluation of a bus route network. In order to enhance the proposed evaluation procedure, further studies on the normalization of produced values and weights for each of the indicators are needed.

### **Development of Design Criteria for Crosswalks at Signalized Intersections**

HA, Tae Jun · PARK, Je Jin · LEE, Hyoung Mu

There are no specific criteria deciding what type of crosswalk installs although 4 typed crosswalks at signalized intersections classify according to number of stop line, spacing from the border of intersections and existence of traffic islands or not.

Accidents involving pedestrians at signalized intersections are classified by type of crosswalks by traffic volume, pedestrian volume at crosswalk, intersection geometry and phase in view of pedestrians' safety at 50 intersections in Gwangju. The Multiple regression models are applied to express the pedestrian accident rate. In addition, process deciding what type of crosswalk installs which includes accident rate involved pedestrian is changed into number of accident is represented to reduce number of accidents.

This paper presents what type of crosswalk installs in order to reduce pedestrian involved accidents at new or existing crosswalk.

#### Development and Application of the Heteroscedastic Logit Model

YANG, In Seok · RHO, Jeong Hyun · KIM, Kang-Soo

Because the Logit model easily calculates probabilities for choice alternatives and estimates parameters for explanatory variables, it is widely used as a traffic mode choice model. However, this model includes an assumption which is independently and identically distributed to the error component distribution of the mode choice utility function.

This paper is a study on the estimation of the Heteroscedastic Logit Model, which mitigates this assumption. The purpose of this paper is to estimate a Logit model that more accurately reflects the mode choice behavior of passengers by resolving the homoscedasticity of the model choice utility error component.

In order to do this, we introduced a scale factor that is directly related to the error component distribution of the model. This scale factor was defined so as to take into account the heteroscedasticity in the difference in travel time between using public transport and driving a car, and was used to estimate the travel time parameter.

The results of the Logit Model estimation developed

in this study show that Heteroscedastic Logit Models can realistically reflect the mode choice behavior of passengers, even if the difference in travel time between public and private transport remains the same as passenger travel time increases, by identifying the difference in mode choice probability of passengers for public transportation.

#### Warrants of Permissive Left-Turn Signal Systems Based on a Cross Road Volumes

KIM, Dong Nyong · CHOI, Jong Yun

The purpose of this study is to provide the criteria for implementing unprotected left turn at intersections with variation of traffic volume on a cross road approach. Using Transyt-7F model, the delays calculated from permissive and protected left turn signal system were compared by gradually increasing the left turn volume for a certain opposing through volume up to the volume limits to which permissive left turn is more effective. Average stopped delay of the intersection was used as the measure of effectiveness in this study.

The major conclusions are (1) the lighter the traffic gets in a cross road, the more the allowable left turn volume increases. The allowable left turn volume when the ratio of cross traffic to the concerned approach traffic is 0.6 appears about 50% more than the volume when the ratio is 1.0. (2) Comparing to the criteria of the manual of traffic safety facility, the results when the traffic ratio is 0.6 seem to be most similar the criteria of manual and the results when the traffic ratio are 0.8 and 1.0 appears to be lower than the criteria of manual. (3) The possible amount of making a left turn that is inversely proportional to the opposing through traffic, decreases as the number of opposing through lanes increases. The products of volume need to be used as the criteria of permissive left turn with considerable cautions because of its low consistency.