

■ 論 文 ■

Mid-Block상의 버스정류장과 횡단보도 이격거리를 고려한 버스정류장 배치형태 기준 연구

A Guideline for the Location of Bus Stop Type considering the Interval Distance of Bus Stops and Crosswalks at Mid-Block

이 수 범

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

강 태 욱

((주)동호 교통물류연구소 차장)

강 동 수

(도로교통공단 교통사고종합분석센터 교통안전팀장) (한국건설기술연구원 기반시설연구본부 도로연구실 선임연구원)

김 장 욱

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 범위 및 방법
- II. 기존문헌고찰
 - 1. 버스정류장 및 횡단보도 설치 규정 검토
 - 2. 버스정류장 및 횡단보도 설치위치 관련 연구문헌 고찰
- III. 자료수집
 - 1. 조사항목 선정 및 조사
- IV. 사고예측모형 개발
 - 1. 분석 및 검증방법 이론적 고찰
 - 2. 모형개발 및 검증
- V. 횡단보도 위치 선정 기준표 개발
 - 1. 기준표 개발 개요 및 적용
 - 2. 배치형태별 이격거리
- VI. 결론 및 향후 연구과제
참고자료

Key Words : 교통사고, 버스정류장 배치형태, 횡단보도 이격거리, 사고예측모형, 기준표
 Traffic Accident, Location of Bus Stop Type, Interval Distance of Bus Stops and Crosswalks, Traffic Accident Prediction Model, The Table of Optimal Bus Stop Design Standards

요 약

현재 국내의 횡단보도 설치 관련 기준은 육교·지하차도 및 다른 횡단보도로부터 200m 이내는 중복설치를 금하고 있다. 만약 횡단보도를 설치하고자 할 때는 지방경찰청장이 타당성을 검토하여 설치하도록 규정하고 있으나, 횡단보도의 설치형태와 세부기준은 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 Mid-Block상의 버스정류장 배치형태(접근부, 유출부)에 따른 각각의 사고예측모형을 개발하였으며, 사고건수와 사고심각도를 종속변수, 버스정류장과 횡단보도 이격거리, 교통량, 보행량을 독립변수로 하는 포아송 회귀모형식을 개발하였다. 유출부 모형의 경우 연간 교통사고 심각도는 버스정류장과 횡단보도간의 이격거리, 교통량, 보행량의 증가에 따라 사고와 양(+)의 관계로 증가하고, 접근부 모형의 경우는 교통량, 보행량의 증가에 따라 사고와 양(+)의 관계로 증가하지만 버스정류장과 횡단보도간의 이격거리는 음(-)의 관계로 분석되었다. 따라서, 교통사고를 최소화할 수 있는 버스정류장과 횡단보도 이격거리는 횡단보도 접근부와 유출부의 혼합형인 횡단보도의 경우는 이격거리 65m일 때 최적의 배치형태로 분석되었으며, 유출부와 접근부 사고 모형식을 통해서 얻은 최적 이격거리가 60m~70m로 나타났다.

The national standards for the installation of pedestrian crosswalks prohibits installation of crosswalks within 200 meters of nearby overpasses, underpasses, or crosswalks. In case the exceptional installation is required, the feasibility study is to be thoroughly conducted by the local police agency. However, it is an undeniable fact that the specific installation standards for optimal types and locations of crosswalks are not yet to be established. This paper examines the development of traffic accident prediction model applicable to different types and locations of bus stops(type A and type B) at mid-block intersections. Furthermore, it develops the poisson regression model which sets the "number of traffic accidents" and "traffic accident severity" as dependent variables, while using "traffic volumes", "pedestrian traffic volumes" and "the distance between crosswalks and bus stops" as independent variables. According to the traffic accident prediction model applicable to the type A bus stop location, the traffic accident severity increases relative to the number of traffic volumes, the number of pedestrian traffic volumes, and the distance between crosswalks and bus stops. In case of the type B bus stop model, the further the bus stop is from crosswalks, the number of traffic accidents decreases while it increases when traffic volumes and pedestrian traffic volumes increase. Therefore, it is reasonable to state that the bus stop design which minimizes the traffic accidents is the type C design, which is the one in combination of type A and type B, and the optimal distance is found to be 65 meters. In case of the type A design and the type B design, the optimal distances are found to be within range 60~70meters.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

최근 보행자 교통사고 유형을 살펴보면 1994년부터 2004년까지 총 보행자 교통사고 840,420건 중 횡단보도를 횡단하던 중 발생한 교통사고가 85,143건으로 전체 보행자사고의 10.13%인 것으로 나타났다. 또한 전체 교통사고 사망자 42,392명 중 횡단보도 횡단 중 사망자가 3,907명으로 9.2%를 차지한 것으로 조사되었다. 횡단보도에서의 교통사고 발생 및 사망자수, 부상자수가 지속적으로 증가추세에 있어 횡단보도에서의 보행자 안전이 심각한 수준에 있다고 할 수 있다.

2008년 기준 국내 보행자 교통사고는 전체 211,662건 중 44,857건으로 21.2%에 해당하고, 보행자 사망사고는 전체 6,166건 중 2,232건으로 36.2%로 나타났다. 국내 보행자 사망사고는 OECD 평균 16.9%임을 감안할 때 약 2.1배 높은 것으로 나타났다. 또한, 횡단보도 주변 “차도 횡단 중” 교통사고 발생률이 전체 44,857건 중 22,352건으로 49.8%에 해당됨으로 횡단보도 주변지역이 보행자 사고 위험지역임을 단적으로 알 수 있다.

특히 Mid-Block상에서 발생하는 횡단보도 사고는 인근 공동주택이나 상가 등의 버스정류장 이용을 위한 보행자의 무단횡단, 운전자 보행신호 위반, 보도 적치물 또는 주·정차 등 보도 및 하위차로 점용으로 보행자의 도로 통행, 야간 시인성 약화, 이면도로 유출입차량 시거 미확보 등으로 Mid-Block상의 차량과 보행자간의 상충으로 교통사고가 발생하게 된다. 이는 횡단보도와 버스정류장간의 부적절한 이격거리와 보행신호운영, 기하구조, 교통량, 보행량, 운전자나 보행자의 안전의식 부족 등 복합적인 문제들이 작용하여 발생한다고 할 수 있지만, Mid-Block상에서 적절한 횡단보도 설치 기준이 모호하여 정확한 기준 없이 무분별하게 횡단보도가 설치됨으로써 운전자나 보행자에게 혼선을 유발하여 발생하는 경우도 있다.

우리나라에 Mid-Block상의 횡단보도 설치 기준을 보면 「도로교통법 시행규칙 제9조(횡단보도의 설치기준)」에서 육교·지하차도 및 다른 횡단보도로부터 200m 이내는 중복설치 금하고 있고, 경찰청의 교통안전시설 등 설치관리 지침 제7조(횡단보도 및 신호기 설치)에서 200m 중복설치 금지에도 불구하고 횡단보도를 설치하고자 할 때는 지방경찰청장은 그 타당성 여부를 검토하도록 하고

있으나, 횡단보도의 설치형태와 세부기준은 다소 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 Mid-Block상의 횡단보도와 버스정류장 이격거리에 따라 횡단보도 내 보행사고를 최소화할 수 있는 버스정류장 배치형태 기준 제시를 주요 목적으로 한다.

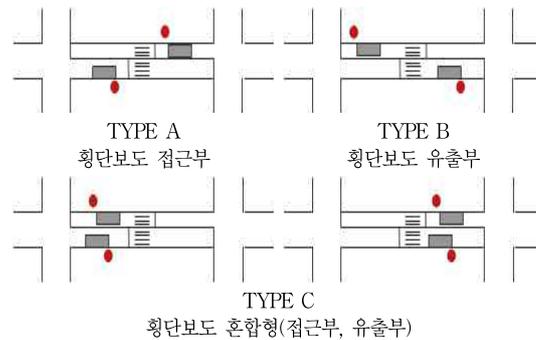
2. 연구의 범위 및 방법

Mid-Block상의 버스정류장 배치형태는 <그림 1>과 같이 3가지로 구분할 수 있으며, 본 연구에서는 보행사고를 최소화할 수 있는 버스정류장과 횡단보도 이격거리에 따라 최적의 버스정류장 배치형태를 제시하는 것이 주요 목적이므로 버스정류장과 관련된 횡단보도 위치에 국한하였으며, 형태나 운영 등의 측면은 분석대상에 제외하였다. 본 연구의 횡단보도 보행자 사고는 도로교통공단에서 발행한 서울특별시 교통사고 잦은 곳 기본개선 계획을 기초로 하였으며, 2005년부터 2008년까지 총 47개의 교차로 인접 가로를 대상으로 한다.

- 공간적 범위 : 서울특별시내 Mid-block 47개 지점
- 시간적 범위 : 2005~2008년(4년간)

1) 사고예측모형 개발

본 연구는 Mid-Block상의 횡단보도에서의 차대보행자 사고를 구분하여 Mid-Block내의 안전성을 평가하고자 한다. 따라서 Mid-Block상의 횡단보도에서의 차대보행자 사고예측모형을 버스정류장 배치형태별(횡단보도 접근부, 횡단보도 유출부)로 개발한다. Mid-Block상의 차대보행자 사고에 영향을 미치는 변수는 차량의



<그림 1> Mid-Block상의 횡단보도 설치 유형



<그림 2> 연구수행과정

교통량, 횡단보도폭원, 횡단시간, 도로기하구조, 보행량 등으로써 사고 발생 당시에 해당하는 자료가 수집되어야 하며, 모형의 주요 변수로 버스정류장과 횡단보도의 이격거리가 반드시 포함될 수 있도록 하여야 한다.

2) 횡단보도 이격거리를 고려한 버스정류장 배치형태 기준 제시

기존 Mid-Block상의 설치된 버스정류장 배치형태 기준 정립과 교통량, 보행량 등 독립변수들의 분류작업이 필요할 것으로 판단됨에 따라 교통량, 보행량 등 기타 여러 가지 변수들의 범위에 따른 최적의 버스정류장 배치형태를 제시하고자 한다. 본 연구를 수행하기 위한 전체적인 과정은 <그림 2>와 같다.

II. 기존문헌고찰

1. 버스정류장 및 횡단보도 설치 규정 검토

1) 버스정류장 설치기준

“도로의 구조·시설기준에 관한 규칙”에 의하면, 일반

<표 1> 설계속도에 따른 버스정류장 설계기준

설계속도	도시지역		
	60	50	40
감속차로길이(m)	20	15	12
버스정차로길이(m)	15	15	15
가속차로길이(m)	25	20	13
버스정거장길이(m)	60	50	40
엇갈림길이(m)	50	40	30

도로 도시지역 교차점 부근에 버스정류장을 설치할 경우에는 기준에 제시된 설계속도별 엇갈림길이 이상 떨어진 위치에 설치하도록 규정하고 있다.

2) 버스정류장 설치 유형 및 장·단점

① Far-Side(유출부 정류장)

유출부 정류장의 형태를 취하는 경우는 교차로에서 시거가 제한될 때, 신호용량상 문제가 있을 때 또는 침투 시간에 연석주차를 허용하는 경우와 좌우 회전교통량이 비교적 많은 경우에 사용한다.

② Near-Side(유입부 정류장)

버스교통량이 많은데 비해 전체적인 교통상대나 연석 주차 상태가 그다지 문제가 되지 않을 경우에 사용하는 방법이다. 버스운전자의 관점에서 볼 때 정류장에 정지했다가 본선교통류에 다시 합류하기가 쉬우므로 이 유형을 선호한다. 이는 본선교통류에 다시 합류할 때 교차로의 횡단거리를 이용할 수 있기 때문이다. 만약 버스가 중앙 차선을 이용하거나 신호교차로의 간격이 짧은 경우 혹은 연석 주차가 하루 종일 허용되는 경우에는 유입부정류장 유형이 유리하다. 여기에, 버스가 우회전을 하고 다른 교통류의 우회전교통량이 그다지 많지 않을 때 사용하는 경우가 많으나 침투시간의 시간당 교통량이 250대를 초과하면 이 유형보다는 블록 중간정류장의 유형이 유리하다.

③ Mid-Block(블록중간정류장)

일반적으로 여러 개의 버스노선이 통과함으로써 비교적 긴 승강장을 필요로 하는 도심부의 정류장 유형이다. 교통조건이나 도로 및 환경적인 여건으로 보아 유출부 정류장이나 유입부정류장의 설치가 곤란한 곳 또는 큰 공장, 상업시설 등 버스의 승객이 많은 곳에 설치하면 유리하다.

본 연구에서는 Mid-Block상의 버스정류장의 배치형태 또한 횡단보도를 중심으로 횡단보도 접근부, 횡단보도 유출부에 버스정류장이 설치되므로 이에 따른 최적의

<표 2> 횡단보도 설치 및 금지 장소

설치여부	위치
설치장소	<ul style="list-style-type: none"> • 신호기가 있는/없는 교차로 • 단일로
설치금지	<ul style="list-style-type: none"> • 커브길, 오르막길, 내리막길 • 인터체인지 램프 및 터널 출입구로부터 100m지점 이내 • 사고발생위험지점(시거 불량 지점등) • 육교, 지하도 및 다른 횡단보도로부터 200m이내 (어린이 보호구역에는 제외)

배치형태에 대하여 교통사고를 최소화할 수 있는 배치형태에 논하려고 한다.

3) 국내의 횡단보도 설치기준

- ① 도로교통법(시행규칙 제 11조)
 - 횡단보도의 설치 및 금지장소는 <표 2>와 같다.
- ② 교통안전시설 실무편람
 - 보행자 통행이 빈번하여 횡단보도를 설치할 필요가 있는 포장도로는 설치하여야 한다.
 - 백색으로 폭원은 4m 이상이고, 노면의 전폭을 가로질러 표시하는 지브라식으로 설치하여야 한다.
 - 교통안전표지(316)와 함께 설치하여야 한다.
- ③ 도시계획 시설기준에 관한 규칙
 - 횡단보도는 평면횡단보도로 하여야 한다. 다만, 도로의 효율성을 높이기 위하여 필요하거나 주변여건상 평면횡단보도의 설치가 곤란한 경우에는 자동차 전용도로·주간선도로·철도건널목 등에 입체횡단보도를 설치할 수 있다.
 - 평면횡단보도의 구조 및 설치기준은 다음과 같다.
 - 횡단보도의 경계를 명확히 하고, 횡단보도표지를 설치할 것
 - 도로의 폭에 따라 교통섬·안전지대 등을 설치할 것
 - 정차표시·야광표시 등으로 보행자의 안전을 기할 것
- ④ 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙
 - 횡단보도의 위치는 교차로의 상황, 자동차 및 보행자의 교통량 등을 종합적으로 고려하여 차로 횡단거리가 가능한 짧고 교차면적도 좁아지도록 정해야 한다. 즉 교차로의 형태, 교차도로의 폭과 교차각, 보도의 유무와

폭, 우각절단부의 유무와 그 크기 등을 모두 고려해야 하므로 위치결정방법을 일률적으로 정한다는 것은 곤란하다고 규정되어 있다.

- ⑤ 미국
 - 보행자와 차량의 실질적인 상충이 발생하는 모든 교차로에 설치
 - 시인성 확보를 위해 횡단보도 부근의 주차를 금지
 - 보행자가 집중되는 곳이나 보행자가 적절한 횡단지점을 찾을 수 없는 단일로 등에 설치
 - 무분별하게 사용금지
- ⑥ 일본
 - 보행자를 이유 없이 우회시키지 말 것
 - 가능한 한 차로에 직각으로 설치할 것
 - 교차로를 좁히기 위해서 횡단보도를 가능한 앞에 설치, 넓은 교차로는 일반적으로 위험함
 - 우회전 차량과 보행자가 모두 많은 경우에는 필요에 따라 횡단보도 위치를 후퇴
 - 한 번에 건너는 횡단보도가 15m 이상이 될 경우에는 가능한 한 중앙분리대, 안전섬 등을 설치하여 15m 이하하게 되게 하는 것이 바람직함
 - 횡단보도 폭원은 4m를 표준으로 하는데, 횡단보도량에 따라 50cm씩 확대 또는 축소할 수 있으며, 축소의 경우는 3.0m까지 한다.

Mid-Block상의 버스정류장 배치형태나 횡단보도 설치위치에 대한 정량적인 기준이 필요하지만 우리나라 뿐만 아니라 선진외국에서도 횡단보도 설치 장소에 대한 언급은 있지만, 실질적으로 횡단보도 위치 선정에 대한 언급은 미흡하며, 기준이 제시되어 있더라도 공학적인 근거에 기초한 정량적인 기준보다는 일반적인 기준을 제시하고 있다.

2. 버스정류장 및 횡단보도 설치위치 관련 연구 문헌 고찰

임대룡(2009)은 평면교차로이면서 도류화시설이 없는 신호교차로의 차량과 횡단보도 보행자의 안전성 측면을 고려하여 신호교차로의 횡단보도 설치 위치 기준을 제시하고자 하였다. 교차로 면적과 횡단보도 이격거리간의 관계를 도출하여 교통사고를 최소화 시킬 수 있는 이

치형태(횡단보도 유출부, 접근부)별 사고건수, 사고심각도의 산점도이다.

IV. 사고예측모형 개발

1. 분석 및 검증방법 이론적 고찰

Mid-block상의 횡단보도 보행자 사고예측모형을 개발하기 위해 비선형회귀분석 개념의 포아송모형과 음이항모형을 선택 적용하여 개발하였다. 사고예측 모형 개발의 흐름은 <그림 4>와 같다.

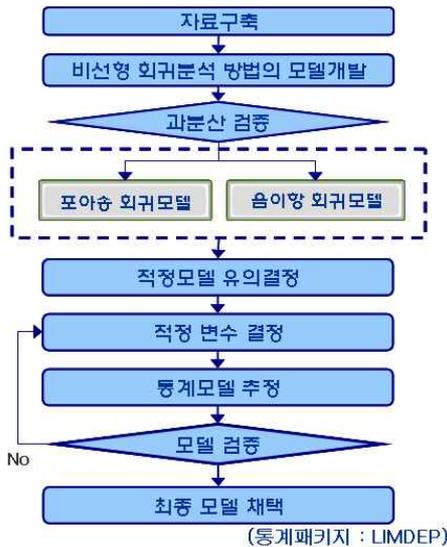
1) 비선형 회귀분석 모형 이론

① 포아송 회귀모형

교통사고의 발생은 산발적이고 이산적인 형태의 분포를 나타냄으로 포아송 분포를 사용하는 것이 일반적이다. 교차로의 사고건수 \hat{Y}_i 가 포아송 분포를 따른다는 가정하에 i 번째 교차로에서 m 개의 변수에 의해 발생할 사고의 확률에 대한 일반식은 식(1)과 식(2) 같이 표현할 수 있다.

$$P(n_i) = \frac{\lambda_i^n \exp(-\lambda_i)}{n!} \tag{1}$$

$$\lambda_i = \exp(\beta_0 X_0 + \dots + \beta_m X_m) = \exp\left(\sum_{j=0}^m \beta_j X_j\right) \tag{2}$$



<그림 4> 사고예측모형 개발 흐름도

여기서, $P(n_i)$: 사고 n 이 교차로 i 에서 교통사고가 발생할 확률

β_j : 회귀추정계수

② 음이항 회귀모형

음이항 회귀분석은 사고 자료가 과분산일 때 일반적으로 사용한다. 음이항 회귀분석은 포아송 회귀분석과 비슷하게 i 번째 교차로에서의 사고발생건수는 q 개의 변수와 연관성을 가지며 식(3)과 같다.

$$\lambda_i = \exp(\beta_0 X_0 + \dots + \beta_m X_m + \epsilon_i) = \exp\left(\sum_{j=0}^m \beta_j X_j\right) \tag{3}$$

여기서, β_j : 회귀추정계수

ϵ_i : 오차항으로 평균이 1이고 분산이 α 인 감마 분포로 가정

③ 포아송 · 음이항 회귀모형의 비교

포아송 분포와 음이항 분포를 이용하여 모형을 구축할 때 2개의 모형 중 한 가지를 선택하게 되는데, 이를 판별하기 위해서는 식(4)가 사용된다.

$$Var[n_i] = E[n_i][1 + \alpha E[n_i]] \tag{4}$$

위 식에서 $\alpha = 0$ 이라면, 과분산이 존재하지 않고 음이항 분포는 극한치에서 포아송 분산으로 합치된다. 만약 $\alpha > 0$ 이라면, 과분산이 존재하고, 음이항 모형이 포아송 모형에 비하여 선호된다. 그러므로 실증분석에서 $\alpha = 0$ 인지 여부에 대한 통계적 검증은 과분산에 대한 검증일 뿐만 아니라 모형 선택을 위한 검정으로 사용될 수 있다.

2) 모형 검증방법

① ρ^2 (우도비)

ρ^2 (우도비)는 McFadden의 결정계수라고도 불리며 0과 1사이의 값을 갖는데 1에 가까울수록 모형의 적합도가 높다고 평가되며 회귀분석의 결정계수와는 달리 0.2~0.4의 값이면 충분히 높은 적합도를 가진다고 볼 수 있다.

$$\rho^2 = 1 - \frac{L(\hat{\beta})}{L(0)} \tag{5}$$

$$\bar{\rho}^2 = \frac{(N-K)}{N} \rho^2 \tag{6}$$

② Pearson 상관계수

Pearson 상관계수 r 은 두 변수 Y_1 과 Y_2 간의 연관성의 정도와 방향을 수량적으로 나타낸 값이다. 상관계수는 -1에서 1사이의 값을 가지며 -1에 가까우면 음의 상관관계, 1에 가까우면 양의 상관관계이며 절대치가 0에 가까우면 상관관계가 거의 없음을 의미한다.

③ MPB(Mean Prediction Bias)

이 통계수치는 모형을 만들기 위하여 종속변수로 사용된 자료에 대해서 모형에 의한 결과 값이 어느 정도, 그리고 어떻게 치우쳐 있는지를 판단할 수 있는 기준을 제공해준다. 이 방법에 의한 결과 값이 작을수록 모형의 예측 값은 정확한 것을 의미한다.

$$MPB = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)}{n} \quad (7)$$

여기서, Y_i : 모형을 만들기 위하여 종속변수로 사용된 자료
 \hat{Y}_i : 모형에 의한 결과값

④ MAD(Mean Absolute Deviation)

MAD(Mean Absolute Deviation)는 모형의 예측 값이 평균적으로 얼마나 잘못 예측되었는지를 판단할 수 있는 척도를 제공해준다. 이 방법이 MPB(Mean Prediction Bias)와 다른 점은 각 수치의 음과 양의 차이로 인해 상쇄되지 않는다는 점이다. 결과 값이 0에 가까울수록 모형이 실제의 관측된 자료에 부합되는 결과를 나타냄을 의미한다.

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n} \quad (8)$$

여기서, Y_i : 모형을 만들기 위하여 종속변수로 사용된 자료
 \hat{Y}_i : 모형에 의한 결과값

2. 모형개발 및 검증

본 연구에서는 Mid-Block상의 버스정류장 위치(이격거리), 교통량, 보행량 등 사고발생 변수들과의 보행사고를 최소화할 수 있는 사고예측모형 개발을 위해 통계패키

지 LIMDEP(Limited Dependent Variable, ver 8.0)을 이용하였다. 사용된 변수는 조사대상 교차로 47개 지점에서 조사된 사고건수, 사고심각도, 교통량, 보행량 등에 대한 변수를 이용하였으며, 횡단보도 사고예측모형에 있어 포아송 모형과 음이항 모형에 대한 선택을 위해 α 값 검증 결과 $\alpha = 0$ 으로 나타나 포아송 분포를 이용하여 모형을 구축하였다.

1) 버스정류장 배치형태에 따른 보행자 사고예측 모형 (사고건수)

각각 모형의 경우 p-value가 0.985로 $\alpha = 0$ 이라는 귀무가설을 기각하지 못하고 채택하게 되어 포아송 모형이 적합한 것으로 나타났다.

<표 4> 횡단보도유출부(Y_0) 보행자사고예측모형(사고건수)

변수		포아송 모형	음이항 모형
상수	Coeff.	-6.2045	-6.2038
	t-ratio	-2.245	-2.409
	p-value	0.027	0.015
정류장이격거리	Coeff.	0.0116	0.0116
	t-ratio	0.0066	2.760
	p-value	0.034	0.048
교통량	Coeff.	0.2778	0.2774
	t-ratio	2.572	2.503
	p-value	0.035	0.041
보행량	Coeff.	0.7686	0.7690
	t-ratio	3.348	2.422
	p-value	0.028	0.045
α	Coeff.	-	0.0093
	t-ratio		0.52
	p-value		0.985

<표 5> 횡단보도접근부(Y_1) 보행자사고예측모형(사고건수)

변수		포아송 모형	음이항 모형
상수	Coeff.	-5.314	-5.3174
	t-ratio	2.878	2.878
	p-value	0.042	0.044
정류장이격거리	Coeff.	-0.009	-0.0092
	t-ratio	-2.897	-2.671
	p-value	0.023	0.042
교통량	Coeff.	0.5488	0.5485
	t-ratio	2.079	2.413
	p-value	0.043	0.015
보행량	Coeff.	0.4926	0.4935
	t-ratio	3.810	2.349
	p-value	0.012	0.017
α	Coeff.	-	0.1245
	t-ratio		0.019
	p-value		0.985

포아송 회귀모형을 이용하여 분석한 사고예측모형의 결과와 모형을 설명하는 변수들의 통계적 특성은 <표 4>와 <표 5>이며, 이를 모형식으로 표현하였다. 모형의 설명력을 나타내는 ρ^2 (우도비)와 MPB, MAD를 이용하여 모형을 검증하였다. 사고예측모형은 신뢰수준 95%이내에서 개발하였다.

$$Y_0 = \exp(-6.2045 + 0.0116 \times X_1 + 0.2778 \times X_2 + 0.7686 \times X_3) \quad (9)$$

$$Y_1 = \exp(-5.314 - 0.009 \times X_1 + 0.5488 \times X_2 + 0.4926 \times X_3) \quad (10)$$

- 여기서, Y_0 : 사고건수(유출부)/년
- Y_1 : 사고건수(접근부)/년
- X_1 : 버스정류장과 횡단보도간의 이격거리
- X_2 : 교통량
- X_3 : 보행량

유출부 모형의 경우 연간 사고건수는 버스정류장과 횡단보도간의 이격거리, 교통량, 보행량의 증가에 따라 사고와 양(+)의 관계로 증가하는 것으로 나타났으며, 접근부 모형의 경우는 교통량, 보행량의 증가에 따라 사고와 양(+)의 관계로 증가하지만 버스정류장과 횡단보도간의 이격거리는 음(-)의 관계로 나타났다. 교통량, 보행량 처리에 있어 사고건수와의 양적단위를 맞추기 위해 자연로그 형태로 변환 처리하였다. 모형 검증에 있어서 적합도를 나타내는 우도비(ρ^2) 및 실측치와 예측치의 차이 값을 나타내 MPB, MAD 및 과분산계수를 통계패키지를 통해 산출하였다.

2) 버스정류장 배치형태에 따른 보행자 사고예측 모형 (사고심각도)

버스정류장 배치형태에 따라 횡단보도 유출부(Y_0) 사고예측모형과 횡단보도 접근부(Y_1) 사고예측모형을 개발

<표 6> 보행자 사고예측모형 검증(사고건수)

변수	유출부 모형	접근부 모형
ρ^2	0.2427	0.2112
MPB	-0.24	-0.79
MAD	4.37	5.24

<표 7> 횡단보도유출부(Y_0) 보행자사고예측모형(사고심각도)

변수		포아송 모형	음이항 모형
상수	Coeff.	-8.9199	-8.9378
	t-ratio	2.6763	-2.408
	p-value	0.0009	0.0397
정류장 이격거리	Coeff.	0.0027	0.0028
	t-ratio	2.890	0.523
	p-value	0.026	0.0307
교통량	Coeff.	0.8121	0.8547
	t-ratio	2.572	2.249
	p-value	0.0022	0.041
보행량	Coeff.	0.9180	0.8652
	t-ratio	2.441	1.665
	p-value	0.0146	0.0358
α	Coeff.	-	0.1185
	t-ratio	-	1.558
	p-value	-	0.1192

<표 8> 횡단보도접근부(Y_1) 보행자사고예측모형(사고심각도)

변수		포아송 모형	음이항 모형
상수	Coeff.	-3.3477	-4.1217
	t-ratio	-2.561	2.655
	p-value	0.0104	0.0479
정류장 이격거리	Coeff.	-0.0117	-0.0106
	t-ratio	-4.818	2.790
	p-value	0.0000	0.035
교통량	Coeff.	0.5542	0.6221
	t-ratio	0.1843	2.790
	p-value	0.0026	0.024
보행량	Coeff.	0.4662	0.5038
	t-ratio	2.997	2.674
	p-value	0.0027	0.441
α	Coeff.	-	0.1662
	t-ratio	-	1.450
	p-value	-	0.143

하였으며, 각각 모형의 경우 p-value가 0.1192, 0.143으로 $\alpha = 0$ 이라는 귀무가설을 기각하지 못하고 채택하게 되어 포아송 모형이 적합한 것으로 나타났다.

포아송 회귀모형을 이용하여 분석한 사고예측모형의 결과와 모형을 설명하는 변수들의 통계적 특성은 <표 7>과 <표 8>이며, 이를 모형식으로 표현하였다. 모형의 설명력을 나타내는 ρ^2 (우도비)와 MPB, MAD를 이용하여 모형을 검증하였다. 사고예측모형은 신뢰수준 95%이내에서 개발하였다.

$$Y_0 = \exp(-8.9199 + 0.0027 \times X_1 + 0.8121 \times X_2 + 0.918 \times X_3) \quad (11)$$

$$Y_1 = \exp(-3.3477 - 0.0117 \times X_1 + 0.5542 \times X_2 + 0.4662 \times X_3) \quad (12)$$

여기서, Y_0 : 사고심각도(유출부)/년

Y_1 : 사고심각도(접근부)/년

X_1 : 버스정류장과 횡단보도간의 이격거리

X_2 : 교통량

X_3 : 보행량

유출부 모형의 경우 연간 사고심각도는 버스정류장과 횡단보도간의 이격거리, 교통량, 보행량의 증가에 따라 사고와 양(+)의 관계로 증가하는 것으로 나타났으며, 접근부 모형의 경우는 교통량, 보행량의 증가에 따라 사고와 양(+)의 관계로 증가하지만 버스정류장과 횡단보도간의 이격거리는 음(-)의 관계로 나타났다. 교통량, 보행량 처리에 있어 사고건수와의 양적단위를 맞추기 위해 자연로그 형태로 변환 처리하였다. 모형 검증에 있어서 적합도를 나타내는 우도비(ρ^2) 및 실측치와 예측치의 차이 값을 나타내 MPB, MAD 및 과분산계수를 통계패키지를 통해 산출하였다.

<표 9> 보행자 사고예측모형 검증(사고심각도)

변수	유출부 모형	접근부 모형
ρ^2	0.2355	0.2271
MPB	-0.45	-0.898
MAD	3.67	4.89

V. 횡단보도 위치 선정 기준표 개발

1. 기준표 개발 개요 및 적용

기준표의 기본적인 목표는 교통량, 보행량이 주어지고, 어느 정도의 대략적인 횡단보도와 정류소간에 이격거리가 주어졌을 때 양방향 정류소의 배치형태 중 어떤 것을 선택하는 것이 교통안전에 가장 좋은 것인지를 제시하는데 있다. 따라서 위에서 개발한 2가지 TYPE(유출부, 접근부)의 사고예측모형을 통해 주어진 조건하에서 가장 안전한 배치형태를 선택할 수 있는 기준표를 개발하였다. 본 기준 표에는 사고의 경중을 나타내는 지표인 사고심각도를 기준으로 설정하였으며, 사고건수에 의한 배치형태 결과 값도 추가적으로 제시하였다. 버스정류장 TYPE (유출부, 접근부) 모형을 결합하여 배치형태별 모형식을 나타내면, 다음과 같다.

$$\text{TYPE A} = Y_{a_1} + Y_{b_1} \quad (13)$$

$$\text{TYPE B} = Y_{a_0} + Y_{b_0} \quad (14)$$

$$\text{TYPE C} = Y_{a_1} + Y_{b_0} \text{ or } Y_{a_0} + Y_{b_1} \quad (15)$$

여기서, a : 정방향(\rightarrow)

b : 반대방향(\leftarrow)

1 : 횡단보도 접근부 위치 TYPE

0 : 횡단보도 유출부 위치 TYPE

기준표 안에는 교통량과 보행량, 이격거리의 변수들이 들어가고, 이러한 변수들은 계획 단계 시에 충분히 예측할 수 있는 변수들로 구성되어 있다. 따라서 3가지 변수에 대한 값을 알게 되면 버스정류장 배치형태 기준 표에서 각 변수에 맞는 값을 찾아 들어가면 최적의 배치형태를 쉽게 찾을 수 있도록 하였다. 여기서 보행량은 각 신호교차로의 방향별 횡단보도에서 보행량이 제일 많은 보행량을 선택하고, 우회전비를 또한 우회전교통량이 제일 많은 것을 선택하여 적용하여야 한다. 예를 들어 이격거리가 60m 일 때, 교통량과 보행량 고려시 최적의 버스정류장 배치형태를 아래와 같이 제시할 수 있으며, 사고심각도를 기준으로 작성되었다. 추가적으로 사고건수와 비교를 하기 위해 기준 표안에 사고건수 기준의 배치형태를 비교(안)으로 기준 표에 제시하였다. 본 기준표의 기준은 사고의 경중을 고려한 사고심각도로 최적의 배치형태를 고려하였다.

<표 10> 버스정류장 배치형태 기준표(이격거리 60m 기준)

이격거리	구분	교통량(대/시)				
		1,000	2,000	3,000	4,000	5,000
보행량 (인/시)	100	B(B)	B(B)	B(B)	B(B)	B(B)
	200	B(B)	B(B)	B(B)	B(B)	B(B)
	300	B(A)	B(B)	B(B)	B(B)	B(B)
	400	B(A)	B(B)	A(B)	A(B)	A(B)
	500	B(A)	A(A)	A(B)	A(B)	A(B)

2. 배치형태별 이격거리

이격거리, 교통량, 보행량을 고려하여 기준 표를 작성한 후 얻은 결론은 TYPE A(횡단보도 접근부)의 경우 횡단보도와 버스정류장과의 이격거리가 120m 이상이었을 때 사고심각도의 감소폭이 높은 것으로 분석되었으

며, TYPE B(횡단보도 유출부)의 경우는 횡단보도와 버스정류장과의 이격거리가 65m 이내로 했을 때 사고심각도의 감소폭이 높은 것으로 분석되었다. 또한, TYPE A와 TYPE B의 혼합형인 TYPE C의 경우는 이격거리 65m일 때 최적의 배치형태로 분석되었다. 즉, 현장 여건에 따라 TYPE A와 TYPE B처럼 유출부 또는 접근부 쌍으로 설치되지 못하고 TYPE C(혼합형)로 설치되는 경우가 다수이므로 유출부와 접근부 사고 모형을 통해서 얻은 횡단보도와 버스정류장과의 최적 이격거리는 60m~70m로 분석되었다.

VI. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 Mid-Block상의 버스정류장 배치형태(접근부, 유출부)에 따른 각각의 사고예측모형을 개발하였다. 모형개발시 사고건수와 사고심각도를 종속변수, 버스정류장과 횡단보도 이격거리, 교통량, 보행량을 독립변수로 하는 포아송 회귀모형을 개발하였다. 유출부 모형의 경우 연간 사고심각도는 버스정류장과 횡단보도간의 이격거리, 교통량, 보행량의 증가에 따라 사고와 양(+)의 관계로 증가하는 것으로 나타났으며, 접근부 모형의 경우는 교통량, 보행량의 증가에 따라 사고와 양(+)의 관계로 증가하지만 버스정류장과 횡단보도간의 이격거리는 음(-)의 관계로 나타났다.

Mid-block상의 횡단보도는 여러 여건에 따라 버스정류장 이격거리가 다양함에 따라 기존에 설치된 배치형태를 보행사고가 최소화 될 수 있도록 기존 표에 의해서 검증하여 개선이 가능하도록 기존 표를 개발하였다. 위 기준 표는 버스정류장과 횡단보도 이격거리, 교통량과 보행량을 알면 쉽게 최적의 버스정류장 배치형태를 찾을 수 있게 교통량 및 보행량, 이격거리 조건들을 구분하여 제시하였다. 또한, 이격거리, 교통량, 보행량을 고려하여 기준 표를 작성한 후 얻은 결론은 TYPE A(횡단보도 접근부) 경우 횡단보도와 버스정류장과의 이격거리는 120m 이상 일 때가 최적이고 TYPE B(횡단보도 유출부)의 경우는 횡단보도와 버스정류장과의 이격거리가 65m 이내 일 때가 최적인 것으로 분석되었다. 또한, TYPE A와 TYPE B의 혼합형인 TYPE C의 최적 이격거리는 60m~70m로 분석되었다. 하지만, 본 연구에서 제시한 모형은 보행사고의 요인을 버스정류장과 횡단보도 이격거리와 교통량, 보행량 등으로 제시되어 이면도로 진출

로 위치에 따른 영향, 보행자의 동선 등의 행태에 따른 영향, 택시정류장, 주정차차량 등 여러요인에 대한 검토는 배제하고 접근하였으므로, 실제로 TYPE A는 횡단보도와 버스정류장이 멀리 떨어질수록 보행사고를 최소화할 수 있다는 결론을 얻었고, TYPE B의 경우는 횡단보도와 가까울수록 최소화할 수 있는 결론을 얻었다. 본 연구에서는 Mid-Block상의 보행사고를 최소화할 수 있는 버스정류장과 횡단보도 이격거리에 따라 최적의 버스정류장 배치형태를 제시하는 것이 주요 목적이므로 버스정류장과 관련된 횡단보도 위치에 연구의 범위를 설정하였으며, 다른 교통시설(이면도로 진출입구 위치, 택시정류장, 주정차 등)과의 조합행태와 교통사고 관계분석 및 교통운영, 보행자의 동선 등을 고려한 횡단행태 등의 측면을 조합하여 못한 점이 본 연구의 한계이다. 따라서 향후에는 다른 교통시설, 교통운영상에 미칠 수 있는 요인들을 분석하여 교통사고를 최소로 하고, 교통시설물 배치에 따른 세부적인 위험 및 안전이격거리를 제시할 수 있는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 경찰청(2000), 교통안전실무편람.
2. 도로교통공단(2005), "교통사고 요인분석 : 보행자 교통사고를 중심으로".
3. 도로교통공단(2004), "횡단보도 설치기준 개선에 관한 연구".
4. 도로교통공단(1998), "보행자 횡단보도 설치기준에 관한 연구".
5. 국토해양부(2009), "도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙".
6. 도로교통안전협회(1993), "외국도로교통법규의 비교 분석 연구".
7. 엄대룡(2009), "교통안전을 고려한 신호교차로 횡단보도 위치선정 기준 개발", 서울시립대학교 석사학위논문.
8. 박찬모(2004), "교통안전을 고려한 신호교차로 횡단보도 형태결정에 관한 연구", 전남대학교 박사학위논문.
9. 하태준·박제진·이형무(2003), "신호교차로 횡단보도 설치기준에 관한 연구", 대한교통학회지, 제21권 제4호, 대한교통학회, pp.47~56
10. 임혜영(2002), "신호교차로와 버스정류장간 이격거

리 산정에 관한 연구”, 전남대학교 석사학위논문.

11. Hoong Chor Chin, Mohammed Abdul Quddus (2001) “Appyling the random effect negative binomial model to examine traffic accident occurrence at signalized intersection”, Accident Analysis & Prevention.

12. Maher, M. J. and Summersgill, I.(1996) “A comprehensive Methodology for the Fitting of

Predictive Accident Models”, Accident Analysis & Prevention 28(3), pp. 281~296.

13. Miaou, S. P., Lu, A., Lum, H. S.(1996) “Pitfalls of Using R2 to Evaluate Goodness of Fit of Accident Prediction Models” Transportation Research Record 1542, pp 6-13, Washington, D.C.

✎ 주 작 성 자 : 이수범
 ✎ 교 신 저 자 : 김장욱
 ✎ 논문투고일 : 2009. 10. 21
 ✎ 논문심사일 : 2009. 12. 17 (1차)
 2010. 3. 16 (2차)
 ✎ 심사판정일 : 2010. 3. 16
 ✎ 반론접수기한 : 2010. 8. 31
 ✎ 3인 익명 심사필
 ✎ 1인 abstract 교정필