

■ 論 文 ■

교통섬 설치가 보행자 교통사고에 미치는 영향 연구

The Influence of Traffic Islands on Pedestrian Safety

이 수 범

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

김 명 속

(한국건설기술연구원 기반시설연구본부
첨단교통연구실 연구원)

장 일 준

(삼성교통안전문화연구소 수석연구원)

김 장 욱

(서울시립대학교 교통공학과 연구교수)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구수행방법
- II. 기존문헌고찰
 - 1. 교통섬 설치기준 검토
 - 2. 보행자사고 관련 기존연구 검토
- III. 분석방법 및 자료수집
 - 1. 연구의 가정
- 2. 로짓모형
- 3. 분석대상구간 개요
- IV. 보행자사고 확률모형 구축 및 비교위험도 추정
 - 1. 보행자 교통사고 확률모형 구축
 - 2. 교통섬 설치에 따른 비교위험도 추정
- V. 결론 및 향후연구과제
- 참고문헌

Key Words : 교통섬, 보행자 교통사고, 로짓모형, 승산비, 도시부 교차로

Traffic Island, Pedestrian Accidents, Logit Model, Odd Ratio, Urban Intersection

요 약

교통섬은 차량과 보행자를 안전하고 질서있게 이동시킬 목적으로 설치하며, 상충하는 교통류를 분리하거나 보행자 대피를 위하여 설치한 차로간의 특정구역이다. 기존의 연구문헌이나 설치기준을 살펴보면 설치목적과 설치효과만 언급하고 있을 뿐 교통섬의 설치여부에 따른 안전성 판단기준이 없는 실정이다.

본 연구에서는 도시부 교차로의 도로조건, 교통조건, 교통사고 자료 등을 분석하여 사고발생여부와 관련성이 높은 변수를 선정하고, 그 변수들과 교차로 보행자 교통사고 발생 여부를 이용하여 로짓모형을 통해 보행자 교통사고 확률모형을 구축하였다. 또한 교차로 설계시 교통량과 교차로 크기에 따른 보행자 교통사고 발생확률을 분석하여 교통섬 설치효과를 보행자 안전측면에서 제시하였다. 분석결과 큰 교차로에서 교통량이 많은 경우 교통섬으로 인해 보행자 교통사고가 발생할 확률이 높은 것으로 나타났으며, 큰 교차로에서 교통량이 적은 경우 교통섬으로 인해 보행자 교통사고 발생확률이 적은 것으로 분석되었다. 이는 교통섬 설치로 인해 모든 교차로에서 보행자가 안전성이 향상되는 것은 아니기 때문에, 교통섬 설치시 보행자 안전 측면을 고려한 설계 및 운영이 필요한 것으로 사료된다.

Traffic islands were introduced for drivers and pedestrians to use the road in a safe and orderly way and were also a specified zone between traffic lanes to divide conflicting traffic flows and to provide pedestrian refuge. However, existing research and relevant standards described its purpose and effects only but not a safety standard to decide whether the traffic island warranted. This study was to introduce a parameter which had a high relationship with accidents by analyzing road and traffic conditions and traffic accident data at urban intersections. Based on the relationship between the parameter and the traffic accidents at the intersection, a pedestrian accident probability model was made by using a logit model. In addition, the study reviewed a pedestrian accident probability corresponding to traffic volume and size of the intersection during design of the intersection and then suggested the effectiveness of the traffic island in terms of traffic safety. In conclusion, when a large-scale intersection has significant traffic volumes, a high probability of traffic island-induced pedestrian accidents appears, while in the case of small volumes, the probability is low. Targeted design and operations of a traffic islands is necessary, because its introduction itself does not enhance pedestrian safety in all cases at all intersections. This study can be a useful reference for further development to set up a scheme of the traffic islands in terms of traffic safety.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

최근 2006년 한 해 동안 우리나라 전체 교통사고 중 교차로 보행자 사고(차대사람)는 21.2%인 45,261건이 발생했으며, 보행자 사고로 인한 사망자는 전체 교통사고 사망자 중 약 37.6%인 2,377명으로 나타나 교차로에 대한 사고감소대책이 시급하다는 것을 알 수 있다.

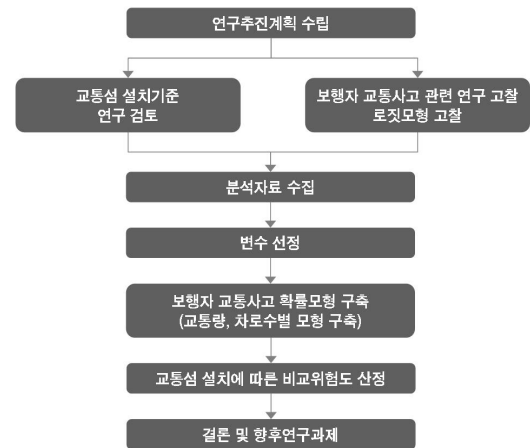
교차로의 설계와 운영에 따라서 도로의 서비스 수준, 효율성, 안전성이 좌우된다. 교차로에서의 사고 원인은 교차로 위치 및 형태 부적절, 가각정리 미흡, 교통섬의 설치 부적절, 안전지대 및 교통섬의 부적절한 설치, Ramp의 곡률반경 과소, Ramp의 확폭량 부족, 가·감속 차로 길이 부족, 교차로 횡단거리 및 상충면적 과대, 접근부 및 유출부의 선형 불일치, 시거 불량, 횡단보도 위치 부적절, 신호등의 부적절한 설치, 노면의 미끄러움, 접근로에서의 과속 등이 있다. 교차로의 사고 감소 방안으로 교차로 도류화 시설 설치, 가각의 재조정, 교통섬 위치 재조정, 회전 bay 설치 또는 조정, 가·감속차로 형태 및 규모 조정, 유·출입부 차로수 조정, 교차로 위치 및 형태 조정 장애물 제거, 노면 표시 설치, 조명시설설치, 과속제어, 횡단보도 위치 조정, 신호등 위치 조정, 면수 증설 등이 있다. 그 중에서 교통섬은 교차로의 면적을 작게 하고 주행위치를 명확하게 하여 지체하지 않고 교차 및 분·합류가 되어 교통안전에 도모하고 보행자의 안전과 편리성을 도모하기 위해 필요하다.

도로의 구조·시설기준에 관한 규칙에는 보행자의 통행이 많고 통과 및 회전 교통이 많으며 속도가 낮고 운전자들이 시설물에 의해 제약을 많이 받는 시가화된 지역에서는 차량속도의 제한과 보행자의 안전을 위하여 교통섬이 유리하다고 판단된다. 그러나 지방지역에서 교통섬을 사용하게 되면 오히려 불합리한 점이 발생하는 경우도 있다고 평가되어 있을 뿐 교통섬의 설치여부에 따른 안전성 판단이 어렵고 이에 대한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 교차로에서 소통과 교통안전에 중요한 역할을 하고 있는 교통섬의 유·무에 따라 보행자 안전성 측면에 미치는 영향을 연구하는데 목적이 있다.

2. 연구수행방법

본 연구는 현재 국내의 교통섬 설치기준을 검토하고



〈그림 1〉 연구수행절차

교차로 보행자 교통사고와 관련된 기존 연구를 고찰하였다. 또한 TAMS자료를 이용하여 서울시 146개 교차로의 보행자 교통사고 자료를 구축하고 도로조건, 교통조건 등을 현장조사를 통해 수집하였다. 이를 통해 보행자 교통사고에 영향을 미치는 변수를 선정하여 보행자 교통사고 확률모형을 구축하고, 교통섬 설치에 따른 비교위험도를 산정하였다.

II. 기존문헌고찰

1. 교통섬 설치기준 검토

교차로 내부의 경계를 명확히 하기 위하여 설치하는 시설물을 말하는 것으로, 그 기능과 목적을 유지하기 위하여 일정한 틀에 박힌 형태로 되어 있는 것이 아니라 교차로 및 주변의 여건에 따라 여러 가지 형태로 나타난다. 즉 도류시설물은 그 설치목적과 사용되는 재질 등에 따라 교통섬, 도류대, 분리대, 대피섬 등으로 나뉘며 그들의 대표적인 명칭으로서 단순히 교통섬이라 부르기도 한다.

일반적으로 교통섬이라 함은 우회전 차로와 직진차로의 분리를 위하여 포장면 상단으로 연석 등에 의해 돌출되어 설치된 시설물을 말한다.

도류시설물을 설치하는 목적은 교차로 내에서 주행경로를 명확히 하여 주행의 쾌적성과 소통원활을 도모하며 운행비용을 절감하는 것, 교차로의 면적을 최소화하여 교통안전에 도모하며 건설비용을 최소화하는 것, 보행자의 안전과 편리성을 도모하는 것 등으로서 그 설치목적 을 상세하게 구분하면 다음과 같다.

- ① 상충의 분리 및 상충각의 조정
- ② 교차로 면적의 감소로 상충면적 및 포장면적의 축소
- ③ 불필요한 통행의 규제와 적절한 교차로 이용법 제시
- ④ 교통흐름의 정비에 의한 교통사고 및 교통혼잡 예방
- ⑤ 정지선 위치의 전진 등으로 통과시간 단축 및 교차로 용량 증대
- ⑥ 보행자의 안전을 위한 장소 및 관련 시설물의 설치 장소 제공
- ⑦ 회전 및 교차되는 차량의 안전 및 대기를 위한 장소 제공
- ⑧ 대향차로의 오인, 무단횡단, 불법회전 방지 등에 의한 안전성 향상

이러한 도류시설물의 설치목적에 따라 그 기능을 요약하면 도류, 분리, 장소제공의 기능으로 나눌 수 있다. 즉 교통류에 대한 지시와 통제를 통하여 차량의 주행경로를 분명하게 설정해 주는 도류기능, 교통의 흐름을 방향별로 분리하여 위험한 교통흐름을 억제하는 분리의 기능, 보행자의 안전을 위한 대피장소 및 관련시설을 설치하기 위한 장소제공의 기능을 한다.

2. 보행자사고 관련 기존연구 검토

하태준(2002)은 광주광역시 66개 신호교차로에서 발생한보행자사고를 수집하여 그 특성을 분석하였다. 보행자사고의 원인은 보행자 과실, 운전자 과실, 기타 도로환경적 원인으로 구분하였는데, 도로환경적 요인으로 인한 사고가 9.5%를 차지하고 있었다. 도로환경적 요인은 신호교차로의 횡단보도 형태별로 구분하여 사고발생특성을 분석 제시하였다. 횡단보도 후방에 정지선이 위치하면서 횡단보도가 교차로에서 멀리 위치한 경우가 사고발생 빈도가 가장 높은 것으로 제시하였다.

이두희(2005)는 대전지역에서 보행자 사고가 발생한 32개 교차로를 대상으로 안전예측모형을 개발하였다. 횡단보행자 사고 예측모형은 백만입차량당 사고율을 반응변수로, 횡단보도거리, 횡단보도폭, 횡단신호시간, 차량속도, 보행자지체를 독립변수로 하여 구축하였다. 구축결과 횡단보행자 사고율은 횡단보도폭이 좁을수록, 횡단신호시간이 증가할수록, 보행자지체가 길어질수록 증가하는 것으로 나타났다. 다음으로 보행자동태를 주성분분석법에의해 그룹화하고 그룹별 안전예측모형을 2차적으로 구축하였다.

Preusser(2002)는 워싱턴시와 볼티모어시의 교통사고 자료를 이용하여 1970년대와 1998년의 보행자사고 유형, 주요사고원인 등을 비교·분석하였다. 분석결과 어린이 보행자 사고에서 보행자의 과실은 줄어들었고, 보행자 관련 우회전 사고가 증가한 것으로 나타났다.

Zajac(2003)은 순서형 프로빗모형(ordered probit model)을 이용하여 지방부에서 도로종류와 지역종류에 따라 보행자사고 심각도에 미치는 영향을 평가하는 모형을 개발하였다. 무신호 2차로 도로를 횡단하는 보행자를 대상으로 하였으며, 분석결과 보행자사고에는 횡단구성 요소폭, 차량종류, 음주운전, 65세 이상 보행자등이 영향을 많이 미치는 것으로 제시하였다.

Lee(2005)는 플로리다주 교차로에서 4년동안 발생한 차대-사람 교통사고를 대상으로 분석을 시행하였다. 로그선형모형(log-linear model)을 이용하여 운전자유형, 교통·도로환경 특성과 보행자사고와의 상관관계를 도출하였다. 또한 순서형 프로빗모형을 이용하여 보행자사고심각도별 모형을 구축하였다. 분석결과 보행자사고건수와 부상사고건수에 운전자의 인적특성, 도로 기하구조, 교통·환경조건이 영향을 미치는 것으로 나타났다. 교통량이 많은 곳에서 보행자 사고가 많이 발생하였으나 사고증가율은 교통량이 적은 곳에서 더 가파른 것으로 나타났다.

Shankar et.al(2003)은 단일로를 대상으로 음이항 회귀모형과 ZIP (Zero-Inflated Poisson) 모형을 이용 보행자 사고 예측모형을 구축하고 비교한 결과, ZIP가 더 적합한 모형을 보였다. 모형구축결과 일교통량, 신호등, 간격, 조명설치, 중앙호전차로(center-turn lane)의 존재가 보행자사고에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

국내외 보행자교통사고 관련 연구를 검토한 결과 보행자 교통사고 예측모형은 로짓모형, 프로빗모형, ZIP (Zero-inflated Poisson)등 다양한 형태로 구축되고 있다. 로짓모형은 교차로에서의 사고 발생 여부를 통해 이산형 종속변수 (사고발생=1, 사고 미발생=0)를 구성할 수 있으며, 시설물 설치 여부에 따른 승산비(Odd ratio)를 통해 특정 시설물 설치에 따른 비교위험도 측정이 가능한 장점이 있다.

따라서 본 연구에서는 서울시 도시부 교차로 교통사고 자료를 이용해서 사고발생확률모형을 구축하고자 한다. 교통량이 많거나 교차로 크기가 클수록 보행자 교통사고 위험이 높을 것이며(노출이 증가할수록 교통사고 위험이 증가할 것이다.), 교통량 또는 교차로 크기에 따

라서 교통섬 설치로 인한 보행자 교통사고 위험도가 다를 것이라는 가정하에 분석하였다.

III. 분석방법 및 자료수집

1. 연구의 가정

본 연구는 기존의 교통섬이 보행자 교통안전에 어떠한 영향을 주는 것인가에 대한 분석을 하는 것을 목적으로 한다. 교통섬의 설치로 인해 보행자 교통사고에 미치는 영향이 모든 교차로에 동일하지 않다는 가정 아래 교차로 유형을 구분하였다. 본 연구의 가정은 다음과 같다

- ① 교통량이 많거나 교차로 크기가 클수록 보행자 교통사고 위험이 높을 것이다. 즉, 노출이 증가할수록 교통사고 위험이 증가할 것이다.
- ② 교통량 또는 교차로 크기에 따라서 교통섬 설치로 인한 보행자 교통사고 위험도가 다를 것이다.

2. 로짓모형

로짓(logit 혹은 log-odds)은 사고발생확률을 사고비 발생 확률로 나누어 비의 형태로 만든 다음에 이를 자연 대수로 변환한 통계량으로 정의되며, 로짓모형의 기본형태는 식(1)과 같다(Agresti,1996)

$$Y = LOGIT(P_1) = \log \frac{P_1}{1-P_1} = \alpha + \beta_0 X_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k \tag{1}$$

여기서, Y : 종속변수
 X_k : 설명변수
 P_1 : 확률변수

로짓모형의 다른 표현방법은 직접 지수함수 $\exp(x) = e^x$ 를 이용하여 나타내는 것인데, 이는 식(2)와 같다. 본 연구에서 로짓모형의 추론은 최대우도추정법(MLE: maximum likelihood estimation)을 이용하였다.

$$P_1 = \frac{\exp(\alpha + \beta X)}{1 + \exp(\alpha + \beta X)} \tag{2}$$

로짓모형의 특성중 하나가 독립변수를 로그 오즈(log odds)값으로 나타낼 수 있고, 이는 다른 변수가 고정되었을 때의 해당 독립변수의 위험도를 나타낸다는 것이다. 이를 설명하기 위하여 독립변수가 하나인 경우를 생각해 보자. $X=1$ 이면 시설물이 설치되었고, $X=0$ 이면 시설물이 설치되지 않은 경우이다. 각각의 상태에서 사고 발생(P_1)과 비발생확률(P_0)은 다음과 같다.

〈표 1〉 로짓모델의 각 수준별 사고발생확률

구분	시설물 설치($X=1$)	시설물 미설치($X=0$)
사고 발생	$P_1 = \frac{\exp(\alpha + \beta X)}{1 + \exp(\alpha + \beta X)}$	$P_0 = \frac{\exp(\alpha)}{1 + \exp(\alpha)}$
사고 발생 안함	$P_1 = \frac{\exp(\alpha + \beta X)}{1 + \exp(\alpha + \beta X)}$	$1 - P_0 = \frac{1}{1 + \exp(\alpha)}$

이를 승산비(odds ratio: OR)로 표현해 보면, 사고 발생의 승산비는 식(3), 식(4)과 같이 정의된다.

$$OR = \frac{\frac{P_1}{(1-P_1)}}{\frac{P_0}{(1-P_0)}} = \frac{LOGIT P_1}{LOGIT P_2} \tag{3}$$

$$\ln(OR) = LOGIT P_1 - LOGIT P_0 \tag{4}$$

이를 식(2)와 같은 로짓모형의 일반식으로 표현하면 식(5)과 같다.

$$OR = \frac{P_1(1-P_0)}{P_0(1-P_1)} = \frac{\left[\frac{\exp(\alpha + \beta)}{1 + \exp(\alpha + \beta)} \right] \left[1 - \frac{\exp(\alpha)}{1 + \exp(\alpha)} \right]}{\left[\frac{\exp(\alpha)}{1 + \exp(\alpha)} \right] \left[1 - \frac{\exp(\alpha + \beta)}{1 + \exp(\alpha + \beta)} \right]} = \frac{\left[\frac{\exp(\alpha + \beta)}{1 + \exp(\alpha + \beta)} \right] \left[1 - \frac{1}{1 + \exp(\alpha)} \right]}{\left[\frac{\exp(\alpha)}{1 + \exp(\alpha)} \right] \left[1 - \frac{1}{1 + \exp(\alpha + \beta)} \right]} = \frac{\exp(\alpha) \exp(\beta)}{\exp(\alpha)} = \exp(\beta)$$

결국 odds ratio = $\exp(\beta)$ 가 된다(유근영, 1996). 따라서 각 계수를 지수형태로 변환시킨 값이 사고발생확

률에의 각 계수의 영향도(비교위험도)라 할 수 있다. 다항모델인 경우도 다른 변수를 고정시켜 놓았을 때 위와 같은 방식으로 각 계수가 해석될 수 있다.(Agresti, 1996). 본 연구에서는 이 승산비가 개별 설명변수의 영향도로 적용될 수 있다.

3. 분석대상구간 개요

본 연구에서는 서울시 도시부 교차로 2004년 발생한 횡단보행자 교통사고 자료 (TAMS)중 사고 잦은 지점을 대상으로 하였다.

조사범위는 146개 교차로에 대하여 현장조사를 실시하였으며 조사자료는 교통사고자료, 교통특성자료, 기하구조 자료, 안전시설물 설치 현황자료를 수집하였다. 교통특성자료에는 교통량, 우회전 교통량비, 차로수, 교통섬유·무, 제한속도, 우회전 전용차로가 수집·정리되었다.

분석대상구간의 교통여건 및 사고발생 특성을 살펴보면, 교통량(주도로+부도로)은 최대 184,202대/일로 나타났고, 교통섬은 118군데 설치되어있었다.

분석대상구간에서 전체 교차로 146개소의 사고발생 특성은 경상사고가 444건으로 56.5%발생하고 있으며, 중상사고는 340건으로 43.3%, 사망사고는 1건으로 발생되었다. 보행자사고가 있는 교차로는 80개소로 전체 사고건수 785건에서 149건이 보행자사고건수임을 알 수 있다. 보행자 사고(차대사람사고)중 약 56.4%가 중상사고, 43.6%가 경상사고로 나타났다.

〈표 2〉 분석구간의 사고발생 특성

구분	전체사고		보행자사고	
	건수	구성비	건수	구성비
사망사고	1	0.1	0	0.0
중상사고	340	43.3	84	56.4
경상사고	444	56.5	65	43.6
계	785	100	149	100
교차로수	146 개소	-	80 개소	-

IV. 보행자사고 확률모형 구축 및 비교위험도 추정

1. 보행자 교통사고 확률모형 구축

1) 변수선정

본 연구에서 보행자 교통사고확률 모형의 반응변수는

사고발생여부(1=사고발생, 0=사고발생안함)가 된다. 여기서 보행자 교통사고는 경찰청의 교통사고자료(TAMS)에서 차대사람 사고에 해당한다.

설명변수는 교통특성자료중 보행자 사고발생에 영향이 있다고 제시된 변수중 통계적으로 유의한 변수를 선택하고자 한다. 모형구축시 최소의 설명변수를 채택하면서 적합한 모형을 구축하는 것이 가장 바람직하다. 따라서 개별 변수별로 사고발생여부와 관련성이 높은 변수를 선택하고자 X2분석을 시행하였다.

관련성이 높은 변수를 선정하기 위한 분석은 종속변수는 이진형이고, 독립변수는 이진형이나 범주형일때 일반적으로 사용되는 χ^2 -검정을 이용하였다. (Agresti, 1996). χ^2 -검정에 사용되는 피어슨 χ^2 통계량은 다음과 같으며, 이는 근사적으로 $(r-1)(c-1)$ 의 자유도를 갖는 χ^2 -분포에 따른다.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad (6)$$

- r : 행의 개수
- c : 열의 개수
- O_{ij} : ij셀의 관찰도수
- E_{ij} : ij셀의 기대도수

독립성 검정 결과 교통량, 차로수가 신뢰수준 90%에서 유의하며, 교통섬 유무는 p-value가 0.14로 높은 편이지만, 교통섬 설치유무에 따른 보행자 교통사고확률 모형을 구축하기 위해 변수로 선정하고자 한다. 즉, 교통 및 도로 환경에 따라 교통섬이 보행자 교통사고에 미치는 영향을 알아보기 위해 교통섬을 변수로 선정하고 교통량, 차로수에 따른 영향도를 분석하고자 하였다.

〈표 3〉 교통특성변수와 보행자사고 관계 분석결과

구분	지점	사고 유		χ^2	p-value
		사고 무	사고 유		
교통량 (ADT)	< 50,000	16	5	13.49	<0.001
	< 100,000	42	46		
	> 100,000	8	29		
우회전 교통량 (ADT)	< 1,000	51	55	1.320	0.250
	> 1,000	15	25		
차로수 (차로)	< 10차로	21	15	3.324	0.068
	> 10차로	45	64		
제한 속도	< 60	9	10	0.363	0.540
	= 60	41	44		
	> 60	16	26		
우회전 전용차로	유	80	30	0.879	0.348
	무	29	7		
교통섬 유무	유	23	19	2.173	0.140
	무	43	61		

분석 결과 우회전 교통량, 제한속도, 우회전 전용차로는 보행자 교통사고에 영향을 주지 않는 것으로 분석되었다. 그러나 교통량과 차로수는 χ^2 -value가 크고 90% 신뢰수준에서 유의하기 때문에 변수로 선정하였다.

〈표 4〉 변수선정

변수	변수 Coding
교통량 (대/일)	주도로, 부도로 교통량의 합 (100,000대당)
차로수	주도로, 부도로 차로수의 합
교통섬	교통섬 설치 (X=1), 교통섬 미설치 (X=0)

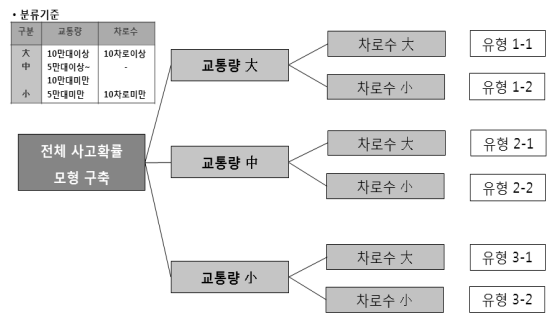
2) 모형구축

이항분포인 반응변수에 대한 모형구축은 로짓모형을 주로 이용하여 구축하게 된다(Agresi, 1996). 사고발생확률 모형 구축에 로짓모형을 이용하면 여러 장점이 있는데, 이는 보건·의료 분야의 질병발생확률 추정모형에 주로 로짓모형을 사용하는 이유와 대동소이하다.

유근영(1996)은 의료·보건 분야에서 로짓모형을 주로 사용하는 이유로 다음의 6항목을 제시하고 있다.

- ① 변수변환 등 모델에 사용되는 변수들을 마음대로 조절할 수 있는 유연성(flexibility)을 가지고 있다.
- ② 다양하게 작성된 범주화(categorization)에 대해 이를 모두 수용할 수 있다.
- ③ [요인→질병]의 관계를 양적으로 쉽게 표시해 줄 수 있다.
- ④ 관찰수가 작은 층에서도 질병위험도를 추정할 수 있다.
- ⑤ 결과를 단순하면서도 즉시 해석이 가능하게 비교 위험도의 개념으로 제시해 줄 수 있다.
- ⑥ 두가지 이상의 독립변수(위험요인)들의 복합위험도(joint effect)를 개개 위험도의 곱으로 표현할 수 있다.

이와 같은 이유들은 사고발생확률모형 구축에서도 로짓모형을 사용하는 것이 적합하다는 것을 판단할 수 있는 근거가 된다. 즉, 로짓모형은 모형구조의 유연성 이외에도 효과도를 양적으로 표시하고, 즉시 해석이 가능하다는 장점이 있어, 사고발생에 영향을 분석할 수 있는 바람직한 모형으로 판단된다. 또한 본 분석에 사용하는 교통사고 자료가 2004년에 발생한 교차로별 보행자 교통



〈그림 2〉 교통량 및 차로수별 교차로 유형 분류

사고 발생 여부를 알고 있기 때문에 이산형 종속변수에 대한 확률모형을 구축하기 수월한 로짓모형이 적합한 모형으로 판단되기 때문에 본 연구에서는 로짓모형을 이용하여 보행자 사고발생확률 모형을 구축하였다.

주변 교통조건 및 도로조건 현황자료 수집 자료의 분포를 고려하여 교통량5만대, 10만대를 기준으로 대, 중, 소로 구분하였고 차로수는 10차로를 기준으로 대, 소로 구분하여 로짓모형을 구축하였다.

교통량 및 차로수에 따라 교차로의 유형은 다음 〈그림 2〉와 같이 분류하였다.

보행자사고 80건을 분류별로 살펴보면 유형1-1(교통량 대, 차로수 대)일 때 27건, 유형1-2(교통량 대, 차로수 소)일 때 2건, 유형2-1(교통량 중, 차로수 대)일 때 28건, 유형2-2(교통량 중, 차로수 소)일 때 17건, 유형3-1(교통량 소, 차로수 대)일 때 6건, 유형3-2(교통량 소, 차로수 소)일 때 0건으로 나타났다.

〈표 5〉 모형유형별 보행자사고

구분	사고건수	구성비
유형1-1	27	33.75
유형1-2	2	2.50
유형2-1	28	35.00
유형2-2	17	21.25
유형3-1	6	7.50
유형3-2	0	0.00
합계	80	100.00

본 연구에서 구분한 유형별 보행자 교통사고 발생건수를 비교해보면 유형 1-1(교통량 대, 차로수 대)에서 27건, 유형 2-1(교통량 중, 차로수 대)에서 28건의 보행자 교통사고가 발생한 것으로 나타났다. 이는 연구의 가정에서 수립한 것과 같이 보행자 교통사고는 교통량과 차로수가 많거나 클수록 발생확률이 높아지고 있음을 보

여주고 있다.

분석대상구간 146개 교차로를 대상으로 로짓모형을 구축한 결과 추정된 계수값을 살펴보면, 교통량, 차로수의 Coefficient가 양의 부호(+)로 분석되어 교통량이나 차로수가 증가할수록 보행자 교통사고는 증가함을 알 수 있다. 또한 t-statistic의 값을 보면 유의수준 5%에서 모두 각 계수값이 0이라는 귀무가설을 기각하므로 추정치는 통계적으로 유의함을 알 수 있다. 교통섬 설치 유무에 따른 보행자 교통사고는 양의 부호(+)를 가지지만 t-statistic이 1.425로 유의수준 10%일 때에도 통계적으로 유의하지 않음을 알 수 있다.

〈표 6〉은 전체 교차로를 대상으로 구축한 로짓모형 결과를 나타내었다.

분석대상구간 교차로를 본 연구에서 구분한 유형별로 로짓모형 구축결과, 교통량과 차로수가 증가함에 따라 보행자 교통사고 발생확률이 증가할 것이라는 연구의 가정에 어긋나는 모형과 각 Coefficient의 t-statistic이 95% 신뢰수준에서 유의하지 않은 모형은 제외하였다. 따라서 교통량이 많고 차로수가 많은 교차로(유형 1-1), 교통량이 적고 차로수가 많은 교차로 유형(유형 3-1)이 통계적으로 유의한 모형으로 분석되었다. 교통량 중, 차로수 대인 교차로 유형(유형 2-1)은 교통량에 대한 t-statistic이 작아 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타나 본 분석에서 제외하였다. 그 결과는 〈표 7〉과 같다.

교통섬 대, 차로수 대인 교차로에서는 교통섬 설치 유무에 대한 coefficient가 0.259로 양의 부호(+)를 가

지며, t-statistic이 2.088로 유의수준 5%에서 통계적으로 유의함을 알 수 있다. 이는 교통량이 많고 교차로 넓이가 큰 교차로에서는 교통섬 설치로 인해 보행자 교통사고가 오히려 증가한 것으로 분석할 수 있다. 또한 교통량 소, 차로수 대인 교차로에서는 교통섬 설치 유무에 대한 coefficient가 -0.509로 음의 부호(-)를 가지며, t-statistic이 -6.638로 통계적으로 매우 유의함을 알 수 있다. 이는 교통량이 적고 교차로 넓이가 작은 교차로에서는 교통섬 설치로 인해 보행자 교통사고가 감소하는 것으로 분석되었다. 즉, 본 분석결과 큰 교차로에서 교통량이 많은 지점에서는 교통섬 설치로 인해 보행자 교통사고 위험이 높으며, 큰 교차로에서 교통량이 적은 지점에서는 교통섬 설치로 인해 보행자 안전도가 높음을 의미한다.

2. 교통섬 설치에 따른 비교위험도 추정

로짓모형의 장점중 하나가 구축된 모형을 이용하여 설명변수와 반응변수의 관계를 양적으로 쉽게 표시해 줄 수 있다는 것이다. 이는 다른 변수를 고정시킨 상태에서 추정된 모수(β)를 이용하여 산정할 수 있다. 비교위험도(OR: odds ratio)는 '1'일 경우 영향이 없다는 것이고, '1'보다 크면 (+)영향으로 위험도를 높이는 것으로 해석할 수 있다. 여기서 산정된 비교위험도는 점추정값으로 특정변수의 효과도를 하나의 값으로 보여주게 된다. 그러나 교통사고의 경우 여러요인이 복합적으로 나타나고, 현장자료는 실험실에서 추출한 자료와는 달리 다른 요인을 통제할 수 없으므로 점추정으로 효과도를 제시하는 것은 무리가 따를 수 있다. 따라서 본 연구에서는 신뢰구간을 추정하여 위험도를 구간값으로 제시하고자 한다. 이 비교위험도의 신뢰구간(CI: Congidence Interval)은 정규분포를 이용한 접근법을 이용해 추정되는데 이는 다음과 같다.

〈표 6〉 교차로 전체 로짓모형 구축결과

구분	추정치 (β)	표준 오차	t-statistic
상수 (Constant)	-0.193	0.685	-2.820
교통량	2.329	0.711	3.277
차로수	1.368	0.623	2.196
교통섬 설치 유무	0.233	0.719	1.425

〈표 7〉 교차로 교통량, 차로수별 로짓모형 구축결과

구분	교통량 大				교통량 中				교통량 小			
	차로수 大		차로수 小		차로수 大		차로수 小		차로수 大		차로수 小	
구분	Coeffi -cient	t- statistic	Coeffi -cient	t- statistic	Coeffi -cient	t- statistic	Coeffi -cient	t- statistic	Coeffi -cient	t- statistic	Coeffi -cient	t- statistic
상수	-3.249	1.892	-1.639	<0.001	-1.462	-1.994	-9.204	-0.238	4.288	3.228	-	-
교통량	1.313	2.851	1.731	<0.001	0.965	0.4855	4.57	-1.539	7.988	5.099	-	-
차로수	0.357	3.12	-3.001	<0.001	3.11	2.623	-3.686	-0.917	2.713	9.614	-	-
교통섬	0.259	2.088	1.366	<0.001	0.859	1.879	8.232	1.072	-0.509	-6.638	-	-
$L(\beta)$	-8.975		-		-33.104		-14.2		-2.848		-	
ρ^2	0.62		-		0.16		0.31		0.73		-	

〈표 8〉 교통섬 설치 효과 비교위험도 추정

교차로 구분	변수	추정치	표준 오차	비교위험도	
				점추정값	95% 신뢰구간
교통량 대 차로수 대	교통섬	2.594	0.743	1.296	(0.302, 5.558)
교통량 소 차로수 대	교통섬	-5.097	0.467	0.601	(0.241, 1.501)

$$95\% CI(OR) = \exp[\beta \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} \times S.E(\beta)] \quad (7)$$

여기서, $S.E(\beta)$ 는 모수 β 의 표준오차, $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ 는 95% 신뢰수준에서 1.96이다. 교통량과 차로수의 설명변수 비교위험도와 95%신뢰구간 추정결과는 〈표 8〉과 같다. 신뢰구간 추정결과를 이용하여 교통섬이 보행자사고에 미치는 영향을 비교위험도를 제시하였다.

비교위험도 분석 결과 교통량이 많고 차로수가 많은 교차로는 0.30~5.56으로 1보다 높은 값을 가지는 범위가 넓어 대체로 교통섬 설치로 인해 보행자 교통사고에 대한 위험도가 높으며, 교통량이 적고 차로수가 많은 지점에서는 교통섬 설치로 인한 비교위험도 범위가 0.24~1.50으로 1보다 작은 값을 가지는 범위가 넓어 대체적으로 교통섬 설치로 인한 위험도가 낮은 것으로 분석되었다.

교통량, 차로수 구분에 따른 보행자 교통사고 확률모형 구축 결과, 큰 교차로에서 교통량이 많고 적음에 따라 교통섬 설치로 인한 안전성 분석 결과가 다르게 분석되었다. 큰 교차로에서 교통량이 많은 경우 교통섬으로 인해 보행자 교통사고가 많은 것으로 나타났으며, 교통량이 적은 경우 교통섬으로 인해 보행자 교통사고가 적게 발생한 것으로 분석되었다.

기존 연구에서는 교통섬 설치로 인해 보행자 교통사고가 감소한 것으로 분석되었으나, 본 연구에서는 교통섬 설치가 모든 교차로에서 보행자 안전에 효과가 있는 것이 아니라 교통량에 따라 교통섬 설치 효과가 다른 것으로 분석되었다.

V. 결론 및 향후연구과제

본 연구에서는 서울시 도시부 교차로를 대상으로 보행자 사고발생확률모형을 구축하였다. 반응변수는 사고발생여부(1, 0)가 되고 설명변수는 χ^2 검정을 통해 교통량, 차로수, 교통섬설치여부가 선정되었다. 전체 146개

교차로를 대상으로 로짓모형을 구축한 결과 교통섬 설치여부가 유의수준 10%에서 보행자 교통사고에 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다. 그러나 보행자 교통사고에 영향을 미치는 요인으로 분석된 교통량과 차로수 크기에 따라 교통섬 설치 유무가 보행자 교통사고 발생 확률모형을 구축하고 보행자 안전에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다. 그 결과 큰 교차로에서 교통섬 설치로 인해 교통량이 많을 때에 사고 발생확률이 증가하며, 교통량이 적을 때에는 사고 발생확률이 감소하는 것으로 분석되었다.

또한 구축된 모형의 추정모수값 (β)을 이용하여 교통량, 차로수 구분에 따른 교통섬이 보행자 사고에 미치는 영향에 대해 비교위험도(OR)를 산정하였다. 산정결과 교통량이 많고 차로수도 많은 지점은(비교위험도 0.30~5.56) 대체로 교통섬 설치로 인한 위험도가 높으며, 교통량이 적고 차로수도 많은 지점은(비교위험도 0.24~1.50) 대체적으로 교통섬 설치로 인한 위험도가 낮은 것으로 나타났다.

교차로 설계 시에 교통섬의 설치는 차량 및 보행자 안전성 향상 측면에서 긍정적인 효과를 나타낸다는 것이 일반적이었다. 그러나 본 연구 결과 큰 교차로에서 교통량이 많을 때 교통섬으로 인해 보행자 교통사고 위험성이 높은 것으로 분석되었다. 따라서 교차로 설계 시 교통량이 많은 교차로에서는 교통섬에서의 보행자 안전측면의 시설 및 운영 측면에서 개선이 필요하다.

본 연구에서는 자료수집의 어려움으로 인해 주요한 변수인 보행자통행량과 차량의 속도를 고려하지 못한 한계점이 있었다. 향후 이러한 점을 고려한 사고확률모형 구축에 관한 연구와 함께 교통섬 설치로 인한 보행자 사고의 효과 분석을 위해 교통섬 설치 전·후의 교통사고 발생 건수를 수집하여 사전·사후 분석(Before and After Study)이 이루어져야 한다. 이로 인해 교통, 도로조건 및 주변환경이 동일한 지점에서 교통섬 설치로 인해 보행자 교통사고 발생에 어떠한 영향을 미치는지 분석함으로써 교통섬 설치로 인한 영향을 보다 정확하게 분석할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 건설교통부(2000), 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침.
2. 경찰청(2007), “교통사고통계”.

3. 도로교통안전관리공단(1998), "보행자 횡단보도 설치기준에 관한 연구".
4. 도로교통안전관리공단(2006.12), "우회전 보조 신호기 설치 타당성 및 우회전 교통처리 방안 연구".
5. 이두희(2005), "횡단보도 보행자의 동태적 행위 관련 안전예측모형 개발", 대한토목학회.
6. 전라남도 지방경찰청(1999), 도로교통안전관리공단 전남지부, 교통사고 잦은 곳 기본개선계획.
7. 최희수(1987), "교차로 교통사고 환경요소 분석을 통한 사고감소 방안에 관한 연구", 서울대학교 석사 논문.
8. 하태준·문권수·김용길(2002), "신호교차로 보행자 교통사고 특성과 방지대책에 관한 연구(광주광역시를 중심으로)", 대한토목학회.
9. Karen K. Dixon, John L. Hibbard, Heather Nyman, "Right-Turn treatment for signalized intersection", TRB Circular E-C019 : Urban Street Symposium.
10. Lee, C., M. Abdel-Aty(2005), "Comprehensive analysis of vehicle-pedestrian crashes at intersections in Florida", Accident Analysis and Prevention 37.
11. Mohammed S. Tarawneh & Patrick T. McCoy(1996), "Effect of intersection channelization and skew on driver performance", TRR 1523.
12. Preusser, D.F., et.al.(2002), "Pedestrian crashes in Washington D.C and Baltimore", Accident Analysis and Prevention 34.
13. Zajac, S. S., J. N. Ivan(2003), "Factors influencing injury severity of motor vehicle-crossing pedestrian crashes in rural Connecticut", Accident Analysis and Prevention 35.

✉ 주 작 성 자 : 이수범
 ✉ 교 신 저 자 : 김장욱
 ✉ 논문투고일 : 2008. 8. 4
 ✉ 논문심사일 : 2008. 11. 20 (1차)
 2009. 2. 25 (2차)
 2009. 3. 13 (3차)
 ✉ 심사판정일 : 2009. 3. 13
 ✉ 반론접수기한 : 2009. 8. 31
 ✉ 3인 익명 심사필
 ✉ 1인 abstract 교정필