

■ 論 文 ■

보행자사고확률모형을 이용한 도로안전시설물의 효과도 추정 (4차로 일반국도를 대상으로)

Estimating the Effectiveness of Road Safety Features using Pedestrian Accident Probability Model

박 규 영

(서울시립대학교 교통공학과 박사과정)

이 수 범

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

목 차

- I. 연구의 개요
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구추진방법
- II. 문헌고찰
 - 1. 국내·외 보행자사고 관련 연구사례 고찰
 - 2. 로짓모형
- III. 분석자료
 - 1. 분석대상구간 개요
 - 2. 도로·교통 및 사고발생 특성
- IV. 보행자사고 확률모형 구축 및 비교위험도 추정
 - 1. 보행자사고 확률모형 구축
 - 2. 도로안전시설물의 비교위험도 추정
- V. 결론 및 향후 연구과제
참고문헌

Key Words : 보행자사고, 도로안전시설물, 일반국도, 로짓모형, 승산비
Pedestrian accident, Road safety features, National highway, Logit model, Odds ratio

요 약

우리나라는 교통사고 사망자 가운데 보행자가 차지하는 비율이 43%로 매우 높으며, 이는 OECD평균의 2.5배에 이르는 수치이다. 도로종류별 사고발생 특성을 보면 국도에서 보행자사고로 인한 사망자수 비율이 가장 높은 구성비를 차지하고 있다. 이에 따라 지방부 도로에서 보행자사고를 방지하기 위하여 보행자 관련 안전시설물 설치가 확대될 예정이다. 그러나 보행자 관련 연구가 주로 도시부 교차로를 대상으로 이루어짐에 따라 지방부 보행자사고 특성 분석에 대한 연구가 부족하고, 특히, 안전시설물의 보행자사고에의 효과에 대한 연구는 미미한 실정이다. 이에 본 연구에서는 지방부 4차로 국도를 대상으로 로짓모형을 이용하여 보행자사고 확률모형을 구축하고, 추정시 도로안전시설물 설치여부를 설명변수로 포함하여 그 효과도를 추정하였다. 시설물별 효과도는 승산비(Odds ratio)를 이용하여 비교위험도로 분석 제시하였다. 분석결과 시거개선, 보도설치, 조명설치가 보행자 사고를 줄이기 위한 효과적인 대안으로 나타났다.

The ratio of pedestrians in traffic accident fatality takes up 43% in Korea, which is 2.5 times as much as OECD's average. The traffic accidents features by road type shows that the fatality of the national highway posts the highest due to the accidents of pedestrians. Accordingly, the establishment of safety facilities for pedestrians is expected to increase on the rural roads for the prevention of pedestrian accidents. However, studies on pedestrians have been mainly focused on urban intersections. In particular, studies on estimating the effectiveness of safety features for pedestrians are very poor. Thus, in this study, the pedestrian accident probability model on four lane national highway was developed by using logit model. Also, this study analyzed and proposed the effect of facilities as a relative risk by using an odds ratio. As a result of the analysis, the improvement of sight distance, installing sidewalks and lightings were proven effective alternatives for reducing the pedestrian accidents.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

우리나라는 교통사고 사망자 가운데 보행자의 비율이 43.0%로 OECD 평균 17.2% 보다는 2.5배, 가장 구성비가 낮은 아이슬란드의 3.4%에 비해서는 12.6배이다. 또한 교통사고로 인한 인구 10만명당 보행자 사망자수를 보면, 우리나라는 6.5명으로 네덜란드 0.6명에 비하면 무려 10배에 이르고 있다(도로교통안전관리공단, 2004b). 이처럼 보행자 교통사고율이 높다는 것은 국민의 생명과 재산을 보호하여 안전한 교통환경을 조성하고자 하는 적극적인 교통안전정책의 수립과 시행이 부족하다는 것을 의미한다.

최근들어 보행자사고를 감소시키고자 하는 노력들이 이루어지고 있다. 그 예로, 『제5차 교통안전 기본계획(2002~2006)』 변경계획(건설교통부, 2004)에 의하면 보행중 교통사고를 예방하기 위해 교통정온화(Traffic Calming)기법 적극시행, 보·차분리시설 확충, 어린이 보호구역 정비, 안전보행장치 및 시설 확대 설치 등을 제안하고 있다. 이와 같이 보행자 안전확보를 위한 대책으로 안전시설물의 설치가 지속적으로 증가할 전망이다. 그러나 보행자관련 도로안전시설물에 대한 효과도 분석 연구가 부족하여, 도로안전시설물 설치확대에 대한 근거가 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 보행자사고 발생확률모형을 구축하여 보행자 관련 도로안전시설물의 효과도를 분석해 보고자 한다.

우리나라의 도로종류별 보행자 사고 발생현황을 보면, 전체 사고건수와 보행자 사고건수는 시도와 특

별·광역시도가 전체도로에서 차지하는 구성비가 높다. 그러나 전체사고와 보행자사고의 사망자수를 보면 전체 도로중에서 국도가 가장 많음을 알 수 있다. 또한 보행자사고의 치사율은 가장 높은 고속국도와 비슷한 5.78%에 이르는 것으로 나타났다. 이는 국도가 주요 거점간을 연결하는 간선도로로 주행속도는 높으나 보행자통행이 허용되는 도로이면서도 보·차분리시설이 제대로 제공되지 않아 나타난 현상으로 보인다. 따라서 지방부 국도에 대한 보행자 안전시설의 설치확대가 필요할 것으로 보인다.

일반국도에서 보행자사고의 심각도가 매우 높음에도 불구하고, 관련연구가 부족한 실정이다. 따라서 지방부 도로의 보행자 사고 특성을 분석하여, 사고위험도를 분석하는 것이 필요하다. 이에 본 연구에서는 지방부 4차로 일반국도를 대상으로 보행자사고확률모형을 구축하고 안전시설물의 보행자사고에의 영향을 분석하여 그 시사점을 도출하고자 한다.

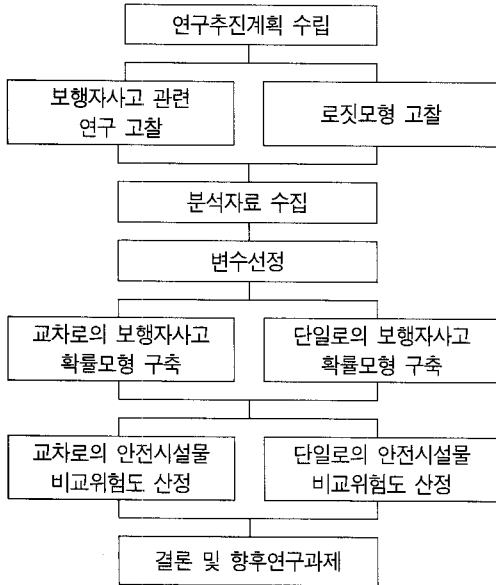
2. 연구추진방법

우선 국내·외 보행자사고 관련 연구사례를 대상으로 분석방법 및 결과 등을 고찰하여 연구에의 시사점을 도출하고, 반응변수가 이항분포일때 주로 사용하는 확률모형인 로짓모형에 대해 고찰하였다. 다음으로 교통사고, 도로·교통특성, 도로안전시설물 설치 여부 정보 등이 포함된 분석자료를 수집하고, 모형구축에 사용될 변수를 통계적 방법에 의해 선정하였다. 선정된 변수를 토대로한 모형구축은 교차로와 단일로로 구분하여 이루어졌으며, 구축된 모형을 이용하여 안전시설물의 비교위험도를 추정하였다.

〈표 1〉 도로종류별 보행자 사고 발생현황(2003)

구분		국도	지방도	특별·광역시도	시도	고속국도	기타	계
사고건수 (건)	전체(A)	53,131	14,890	65,784	86,215	5,844	14,998	240,862
	구성비(%)	22.06	6.18	27.31	35.79	2.43	6.23	100.00
	보행자(B)	16,755	5,168	26,377	34,637	678	5,828	89,443
	구성비(%)	18.73	5.78	29.49	38.73	0.76	6.52	100.00
사망자 (명)	전체(A_F)	2,463	742	936	1,944	526	601	7,212
	구성비(%)	34.15	10.29	12.98	26.96	7.29	8.33	100.00
	보행자(B_F)	968	281	488	907	43	209	2,896
	구성비(%)	33.43	9.70	16.85	31.32	1.48	7.22	100.00
치사율 (%)	전체(A_F/A)	4.64	4.98	1.42	2.25	9.00	4.01	2.99
	보행자(B_F/B)	5.78	5.44	1.85	2.62	6.34	3.59	3.24

자료 : 도로교통안전관리공단(2004), 『2004년판 교통사고통계』에서 구성



〈그림 1〉 연구추진과정

II. 문헌고찰

1. 국내·외 보행자사고 관련 연구사례 고찰

하태준 등(2002)은 광주광역시 66개 신호교차로에서 발생한 보행자사고를 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. 도류화가 이루어진 경우가 사고가 가장 적게 발생했고, 횡단보도 후방에 정지선이 위치하면서 횡단보도가 교차로에서 멀리 위치한 경우가 사고발생 빈도가 가장 높은 것으로 제시하고 있다.

김범일 등(2005)은 제한속도 설정에 따른 교통안전편익을 산정하기 위한 하부모형으로 보행자 사망확률모형을 개발하였다. 기본가정으로 제한속도를 낮게 설정하면 충돌속도가 낮아질 것으로 설정하였다. 총 101건의 사고를 대상으로 이항로지스틱회귀모형을 이용하여 사고확률모형을 구축하였고, 이를 이용하여 보행자 충돌안전기준 도입에 따른 교통안전편익을 추정하고 있다. 분석결과 충돌속도가 낮을수록, 나이가 어릴수록 사망자 감소효과가 더 큰 것으로 나타났다.

이두희(2005)는 대전지역에서 보행자 사고가 발생한 32개 교차로를 대상으로 안전예측모형을 개발하였다. 횡단보도를 이용하는 보행자의 경향과 동태적 행위를 회귀모형을 이용하여 분석하였다. 횡단보행자 사고 예측모형은 백만진입차량당 사고율을 반응변수로, 횡단보도거리, 횡단보도폭, 횡단신호시간, 차량속도, 보행자지체를 독립변수로 하여 구축하였다. 구축결과 횡단보행자 사고율은 횡단보도폭이 좁을수록, 횡단신호시간이 증가할수록, 보행자지체가 길어질수록 증가하는 것으로 나타났다. 다음으로 보행자동태를 주성분분석법에 의해 그룹화하고 그룹별 안전예측모형을 2차적으로 구축하였다.

Al-Ghamdi(2002)는 사우디아라비아의 수도 리아드에서 발생한 차량대보행자사고에 대하여 계층화된 분할표(stratified contingency tables)를 작성하고, 승산비(odd ratio)의 이용가능성을 검토하였다. 사고시간대별 심각도, 도로종류별 심각도에 대한 분할표를 작성하고 카이검정을 시행하여 유의관계를 검증하였으며, 승산비를 이용하여 이 관계를 해석하고 있다. 분석결과 시간대별로는 야간이, 도로종류별로는 중분대 있는 2차로 도로가 시거확보 문제로 인해 보다 위험한 것으로 제시하고 있다.

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

Shankar et.al(2003)은 단일로를 대상으로 음이항 회귀모형(negative binomial regression model)과 ZIP(Zero-Inflated Poisson) 모형을 이용하여 보행자 사고 예측모형을 구축하고, 두 모형을 비교하여 ZIP가 더 적합한 모형임을 보였다. 모형구축결과 일교통량, 신호등 간격, 조명설치, 중앙회전차로(center-turn lane)의 존재가 보행자사고에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Zajac & Ivan(2003)은 서열프로빗모형(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 횡단구성요소폭, 차량종류, 음주운전, 65세 이상 보행자 등이 영향을 많이 미치는 것으로 제시하였다.

Garder(2004)는 메인주의 사고자료를 이용하여 실제주행속도와 입지특성이 보행자 사고에 어떤 영향을 미치는지를 분석하였다. 분석모형은 스웨덴에서 구축된 비선형회귀모형을 활용하였으며, 분석결과 고속이거나 넓은 도로가 더 많은 사고를 야기시키는 것으로 나타났다. 이 결과를 토대로 주간선도로의 안전개선에 보다 초점을 맞추어야 한다고 제시하고 있다.

Graham et.al.(2005)는 음이항회귀모형을 이용하여 사회·경제적 박탈에 따른 보행자 사상사고의 특성을 분석하였다. 분석결과 박탈이 많아지면 보행자 사상사고가 증가하는 것으로 나타났다. 특히, 어린이의 경우 더 증가하는 것으로 나타났다. 여기서 사회·경제적 요소로는 도로공급, 고용, 강수량, 일조량 등을 이용하였다.

Lee and Abdal-Aty(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 서열프로빗모형을 이용하여 보행자 사고심각도별 모형을 구축하였다. 분석결과 보행자사고건수와 부상사고건수에 운전자의 인적특성, 도로기하구조, 교통·환경조건이 영향을 미치는 것으로 나타났다. 교통량이 많은 곳에서 보행자 사고가 많이 발생하였으나 사고증가율은 교통량 적은 곳에서 더 가파른 것으로 나타났다.

국내·외 보행자교통사고 관련 연구를 검토한 결과 분석대상은 주로 교차로를 대상으로 하고 있으며, 예측모형은 로지스틱모형, 프로빗모형, 로그선형모형, ZIP(Zero-inflated Poisson)등 다양한 형태로 구축되고 있었다. 특성분석을 위해 승산비를 이용한 방법론이 제안되었고, 모형구축과 특성분석에 다양한 변수들이 선택되었다. 우리나라의 경우 최근 교차로에서 보행자 사고예측모형들이 개발되기 시작하였으며, 이를 이용하여 안전개선 대안들이 제시되고 있다.

본 연구에서는 보행자 사고관련 연구가 부족한 지방부 일반국도를 대상으로 사고발생확률모형을 구축하고자 한다. 또한 기존 연구가 미미한 보행자사고에 대한 안전시설물의 영향도를 계량화하여 제시하고자 한다.

2. 로짓모형

로짓(logit 혹은 log-odds)은 사고발생확률을 사고비발생 확률로 나누어 비의 형태로 만든 다음에 이를 자

연대수로 변환한 통계량으로 정의되며, 로짓모형의 기본 형태는 식(1)과 같다(Agresti,1996).

$$Y = \text{LOGIT}[P_1] = \log \frac{P_1}{1-P_1} = \alpha + \beta_0 x_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k \quad (1)$$

Y: 종속변수, x_k : 설명변수, P_1 : 성공확률

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.

$$P_1 = \frac{\exp(\alpha + \beta x)}{1 + \exp(\alpha + \beta x)} \quad (2)$$

로짓모형의 검정은 왈드검정(Wald test), 우도비검정(likelihood ratio test), 스코어검정(score test) 등이 있는데, 대표본인 경우 세 검정값은 비슷하게 나오며, 일반적으로 우도비 검정을 많이 이용한다. 모형의 검정시 귀무가설은 $H_0: \beta = \beta_1 = \dots = \beta_k = 0$ 이 되며, 이는 성공확률이 X와 독립임을 의미한다.

왈드검정(Wald test)은 표준화 회귀계수(standardized regression coefficient)를 이용하여 통계학적 유의성을 평가하는 방법이다. 검정통계량은 식(3)과 같고 자유도 d.f=1인 χ^2 분포를 따른다.

$$W^2 = \left[\frac{\beta_i}{SE(\beta_i)} \right]^2 \approx \chi^2 \quad (3)$$

우도비검정(likelihood ratio test)은 구하고자 하는 모형에서 구한 우도함수의 최대값(l_0)과 귀무가설이나 대립가설 모두를 만족하는 완전모형(full model)에 대해 우도함수의 최대값(l_1)을 구한후에 이 두 최대값들의 비를 이용하는 방법이다. 우도비 검정통계량은 식(4)와 같이 정의되며, 자유도 d.f=1인 χ^2 분포를 따른다.

$$-2\log(l_0 - l_1) = -2[\log(l_0) - \log(l_1)] = -2(L_0 - L_1) \quad (4)$$

스코어검정(score test)은 스코어통계량을 이용하여 모형의 유의성을 검증한다. 스코어통계량은 근사적으로

d.f=1인 χ^2 분포를 따르게 된다. 이외에도 로짓모형의 유의정도를 나타낼 수 있는 값으로는 아카이케정보기준(AIC: Akaike Information Criterion)값과 슈바르츠 기준(SC: Schwartz Criterion) 등이 있다.

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=0이면 시설물이 설치되지 않은 경우이다. 각각의 상태에서 사고발생(P_1)과 비발생확률(P_0)은 <표 2>와 같다.

<표 2> 로짓모델의 각 수준별 사고발생확률

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

이를 승산비(odds ratio: OR)로 표현해 보면, 사고발생의 승산비는 식(5), 식(6)과 같이 정의된다.

$$OR = \frac{P_1}{(1-P_1)} = \frac{LOGIT P_1}{LOGIT P_0} \quad (5)$$

$$\ln(OR) = LOGIT P_1 - LOGIT P_0 \quad (6)$$

이를 식(2)와 같은 로짓모형의 일반식으로 표현하면 식(7)과 같다.

$$OR = \frac{P_1(1-P_0)}{P_0(1-P_1)} \quad (7)$$

$$= \frac{[\frac{\exp(\alpha+\beta)}{1+\exp(\alpha+\beta)}][1-\frac{\exp(\alpha)}{1+\exp(\alpha)}]}{[\frac{\exp(\alpha)}{1+\exp(\alpha)}][1-\frac{\exp(\alpha+\beta)}{1+\exp(\alpha+\beta)}]}$$

$$= \frac{[\frac{\exp(\alpha+\beta)}{1+\exp(\alpha+\beta)}][\frac{1}{1+\exp(\alpha)}]}{[\frac{\exp(\alpha)}{1+\exp(\alpha)}][\frac{1}{1+\exp(\alpha+\beta)}]}$$

$$= \frac{\exp(\alpha)\exp(\beta)}{\exp(\alpha)} = \exp(\beta)$$

결국 odds ratio = $\exp(\beta)$ 가 된다(유근영, 1996).

따라서 각 계수를 지수형태로 변환시킨 값이 사고발생확률에의 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.

III. 분석자료

1. 분석대상구간 개요

본 연구에서는 국도1호선 무안~나주구간 52.8km와 국도 14호선 통영~마산구간 51.0km, 총 103.8km에서 1999년~2001년까지 3년간 발생한 보행자사과를 이용하여 보행자사고발생확률모형을 개발하고자 한다. 두 도로 모두 설계속도 80kph인 4차로 도로이고, 건설교통부에 의한 국도등급분류에서 1등급으로 구분된 도로이다. 전체과업구간은 교차로를 중심으로 구간이 나누어졌으며, 단일로구간에서도 도로기하구조가 변경되면 별도의 구간으로 분리하였다. 이에 따라 국도1호선 195개 구간, 국도 14호선 160개 구간으로 구분되었다(건설교통부, 2003).

<표 3> 분석대상구간 개요

노선	시·종점	연장(km)	사고건수('99~'01)	분석구간수(교차로수)
1호선	무안~나주	52.8	1,771	195(80)
14호선	통영~마산	51.0	1,929	160(60)
계	-	103.8	3,700	355(140)

각 구간에 대하여 교통사고자료, 교통특성자료, 도로기하구조 자료, 안전시설물 설치현황자료, 교통운영자료를 구축하였다. 교통특성자료에는 교통량, 제한속도, 평균통행속도 자료가 수집되었고, 도로기하구조는 곡선반경, 경사도, 시거 등의 자료가 수집·정리되었다.

2. 도로·교통 및 사고발생 특성

분석구간의 도로·교통 여건 및 사고발생 특성을 살펴보면, 교통량은 평균 13,629대/일이었고, 최대 44,050대/일로 나타났다. 기하구조는 곡률¹²⁾과 종단

12) 분석변수 부호의 방향성을 일치시키기 위해 곡선반경 대신 곡률을 변수로 고려하였음. 본 연구에서 곡률은 호 100m 거리에 해당하는 중심각도임

경사도를 살펴보았는데, 곡률은 최대 47.771, 종단경사는 7.185%까지 있어 매우 열악한 구간들이 있음을 알 수 있다.

분석구간에서 보행자사고는 평균 0.53건이 발생해 두 구간당 한 곳에서는 보행자사고가 발생했음을 알 수 있다. 최대 보행자사고가 17건까지 발생한 지점이 있어, 보행자 사고를 감소시키기 위해서는 특정지점에 대한 세밀한 검토가 필요할 것으로 보인다.

〈표 4〉 분석대상구간의 도로·교통 및 사고발생특성

구분		평균	표준편차	최소값	최대값
도로 교통 특성	교통량	13,629	4,523	7,491	44,050
	곡률	5.677	7.791	0	47.771
	종단경사	1.558	1.614	0	7.185
사고 발생 특성	사망자수	0.401	0.788	0	5.000
	중상자수	4.307	5.552	0	37.000
	경상자수	6.800	8.680	0	64.000
	물피건수	4.307	4.728	0	42.000
	보행자 사고건수	0.530	1.298	0	17.000

분석대상구간에서 발생한 총 3,700건의 사고 중 보행자사고 건수는 204건으로 5.51%를 차지하여 발생건수는 적은 것으로 나타났다. 그러나 전체 사망사고 137건 중 60건이 보행자사고(차대사람사고)로 약 43.8%를 차지해 사망사고 비율이 높음을 알 수 있다. 따라서 사망사고를 줄이기 위해서는 보행자사고의 특성을 분석하고 이에 따른 대책이 필요함을 알 수 있다.

〈표 5〉 분석구간의 피해종류별 사고유형별 교통사고 발생건수

사고유형	계		사망사고		부상사고	
	건수	구성비	건수	구성비	건수	구성비
계	3,700	100.0	137	100.0	2,035	100.0
단독사고	575	15.5	21	15.3	158	7.8
차대사람	204	5.5	60	43.8	144	7.1
추돌	1466	39.6	17	12.4	957	47.0
정면충돌	203	5.5	16	11.7	135	6.6
직각충돌	528	14.3	16	11.7	338	16.6
측면접촉	654	17.7	6	4.4	267	13.1
기타	70	1.9	1	0.7	36	1.8

자료: 건설교통부(2003), 『국도1호선(무안~나주) 및 국도14호선(통영~마산) 교통안전개선방안기본조사』

보행자사고 204건을 도로유형별로 살펴보면 교차로에서 137건, 단일로에서 51건, 기타 16건으로 나타나, 보행교통량이 많은 교차로에서 전체 보행자 사고의 67%가 발생하고 있다.

〈표 6〉 도로유형별 보행자사고

도로유형	사고건수	구성비
교차로	137	67.16
단일로	51	25.00
기타	16	7.84
합계	204	100.00

N. 보행자사고 확률모형 구축 및 비교위험도 추정

1. 보행자사고 확률모형 구축

1) 변수선정

본 연구에서 보행자사고발생확률모형의 반응변수는 보행자 사고발생여부(1=사고발생, 0=사고발생안함)가 된다. 여기서 보행자사고는 경찰청의 교통사고통계에서 차대사람사고에 해당한다.

설명변수는 도로·교통환경 자료, 도로안전시설물 설치 자료중 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 χ^2 분석을 시행하였다.

초기에 고려된 변수는 도로·교통환경 자료 5항목, 도로안전시설물 자료 7항목이다. 일반적인 사고예측모형에서 노출량(본 연구의 경우 보행자통행량을 의미)은 주요한 변수이다. 그러나 보행통행량은 대부분의 교통DB에서 수집되지 않는다. 또한 조사된다 해도 시간대별, 계절별로 매우 변화가 커서 신뢰성을 확보하기 어렵다. 그래서 토지이용이나 보행자관련 시설물변수로 이를 대체할 것을 제시하고 있다(Shankar, et.al, 2003). 본 연구의 대상구간은 지방부 국도로 보행자통행량DB가 구축되지 않았고, 후 조사되었다 해도 구간별로 '0'이거나 매우 적은 구간이 많아 유의성을 확보하기 어려울 것으로 예상된다. 따라서 보행교통량을 대신할 수 있는 변수로 입지(소규모 도시/농촌지역)를 선정하였다. 여기서 소규모도시는 면(읍)소재지를 의미한다. 읍·면소재지는 읍사무소, 면사무소, 우체국 등과 같은 관공서와 중심상업시설들이 위치하여 도로변에 취락지가 형성된 지역이다. 농촌지역은 도로주변이 대부분 임야와 전·답으로 이루어져 있다. 농촌지역에서 보행통행량은 경작을 위해 이동하는 것과 농어촌 버스를

타기 위해 마을 진입로로 접근하는 경우를 제외하고는 도로변을 따라서 보행하는 경우는 매우 제한적이다. 본 연구의 전체 대상구간은 제한속도가 80kph로 운영되는 지방부 4차로 국도인데, 이 중 읍·면소재지는 보행자통행과 진출입 차량이 많아 60kph로 속도제한규정을 두어 운영되고 있다. 이러한 읍·면소재 지역과 임야와 전·답으로 구성된 농촌지역으로 입지를 구분하여 보행교통량을 대신할 수 있는 변수로 선정하였다.

관련성 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 식 (6)과 같으며, 이는 근사적으로 (r-1)(c-1)의 자유도를 갖는 χ^2 -분포를 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

도로·교통환경변수에 대한 분석결과, 95%유의수준에서는 도로유형(교차로, 단일로)에 따라 사고발생여부에 차이가 있는 것으로 나타났다. 곡률과 종단경사도는 범주로 구분하여 분석하였는데, 곡률은 설계속도 80kph일 때 최소곡선반경(R=280)에 해당하는 곡률=20.47을 기준으로 4범주로 구분하였다. 종단경사는 주행상 큰 영향이 없는 종단경사 3%를 기준으로 구분하였다. 곡률과 종단경사는 범주에 따라 사고발생여부는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 입지에 따른 보행자사고 발생여부 분석결과 90%유의수준에서 보행자사고건수에 차이가 있는 것으로 나타났다. 시거는 곡률과 종단경사, 주변의 시거제한 요소(식재, 건물 등)로 인해 시거가 확보안되는 지점여부를 판단한 것¹³⁾이며, 분석결과 90% 유의수준에서 시거에 따른 차이가 없는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 도로안전시설물 중 도로교통안전관리공단 “교통사고 잦은곳 기본개선계획 및 효과분석”에서 사고원인별 개선대안의 ‘보행자대책’으로 제시된 시설물인 횡단보도, 신호등, 보도, 가드레일, 조명, 길어깨와 중분대를 대상으로 보행자사고와의 관계를 분석하였다.

〈표 7〉 도로·교통변수와 보행자사고 관계 분석결과

구분	지점수		χ^2	p-value	
	사고무	사고유			
도로 유형	교차로	77	63	31.10	<.0001
	단일로	177	38		
곡률	<=8.189	26	11	1.77	0.622
	<=11.465	27	14		
	<=20.47	40	17		
	>20.47	11	9		
종단 경사도	<=3	209	79	0.99	0.6092
	<=5	21	11		
	>5	17	5		
시거	나쁨	102	49	2.07	0.1507
	좋음	152	52		
입지	농촌지역	213	77	2.81	0.0939
	소규모도시	41	24		

분석결과, 95% 유의수준에서 횡단보도, 신호등, 조명, 가드레일의 설치여부에 따라 보행자사고발생여부에 차이가 있는 것으로 나타났다. 보도의 경우는 보행자 사고를 방지하기 위한 중요한 시설물로 설치되어 보행자 사고와 매우 밀접한 관련이 있을 것으로 추측되나, 본 분석자료에서는 유의수준 70%에서 보도 유무에 따른 사고발생여부의 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 이는 본 대상구간이 지방부 국도라는 특성상 보도설치구간이 매우 적어 나타난 현상으로 보인다. 그러나 보도는 보행자사고 관련 주요한 시설이고, 타 변수와 교호작용을 통하여 보행자사고발생확률에 영향을 미칠 수 있으므로 본 연구에서는 분석모형에 포함시키고자 한다.

〈표 8〉 도로안전시설물 설치여부와 보행자 사고와의 관계 분석결과

안전시설물		지점수		χ^2	p-value
		사고무	사고유		
횡단보도	무	186	43	29.66	<.0001
	유	68	58		
신호등	무	194	45	33.27	<.0001
	유	60	56		
조명	무	186	56	10.53	0.0012
	유	68	45		
길어깨	무	98	39	0.00	0.9957
	유	156	62		
중분대	무	156	55	1.45	0.2281
	유	98	46		
가드레일	무	220	75	7.86	0.0051
	유	34	26		
보도	무	237	91	1.06	0.3036
	유	17	10		

13) 평면곡선부에서 시거장애물까지의 측방여유폭이 기준이상인에서 전방에 교차로 등이 있다는 것을 알 수 있는 경우 시거양호로 판단하였다 (건설교통부, 2002. “사고 잦은 곳 개선사업 업무편람 작성연구”, pp.120-121 참조).

〈표 7〉의 χ^2 -검정 결과와 같이 교차로와 단일로에서 보행자 사고발생여부는 매우 큰 차이를 보이므로 본 연구에서는 교차로와 단일로에 대한 별도의 보행자 사고발생확률모형을 구축하고자 한다. 이에 따라 앞에서 사고발생에 영향이 적은 것으로 판단된 변수에 대하여 도로유형별로는 사고발생여부에 차이가 있는지 검정을 시행하였다. 검정결과 교차로에서 시거의 좋음과 나쁨, 단일로에서 중분대의 설치여부가 보행자 사고발생확률에 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 따라서 이 두 변수를 각 도로유형별 모형구축에서 변수로 선정하고자 한다.

〈표 9〉 교차로-시거, 단일로-중분대의 보행자사고와의 관계 분석결과

구분	지점수		χ^2	p-value	
	사고무	사고유			
교차로 - 시거	나쁨	20	32	2.95	0.0861
	좋음	49	31		
단일로 - 중분대	무	107	16	4.30	0.0381
	유	70	22		

χ^2 -검정을 통해 단일로에서는 입지, 횡단보도, 신호등, 조명, 가드레일, 보도와 중분대를 설명변수로 선정하였다. 또한 교차로에서는 입지, 횡단보도, 신호등, 조명, 가드레일, 보도와 시거를 선정하였다.

〈표 10〉 본 연구 확률모형의 설명변수

변수	내용	변수선정결과	
		교차로	단일로
입지	1: 소도시 0: 농촌지역	○	○
횡단보도	1: 유 0: 무	○	○
신호등	1: 유 0: 무	○	○
조명	1: 유 0: 무	○	○
가드레일	1: 유 0: 무	○	○
보도	1: 유 0: 무	○	○
중앙분리대	1: 유 0: 무		○
시거	1: 좋음 0: 나쁨	○	

2) 모형구축

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

유근영(1996)은 의료·보건분야에서 로짓모형을 주로 사용하는 이유로 다음의 5항목을 제시하고 있다. ① 변수변환 등 모델에 사용되는 변수들을 마음대로 조절할 수 있는 유연성(flexibility)을 가지고 있고, ② 다양하게 작성된 범주화(categorization)에 대해 이를 모두 수용할 수 있으며, ③ [요인→질병]의 관계를 양적으로 쉽게 표시해 줄 수 있고, ④ 관찰수가 작은 층에서도 질병위험도를 추정할 수 있으며, ⑤ 결과를 단순하면서도 즉시 해석이 가능하게 비교위험도의 개념으로 제시해 줄 수 있고, ⑥ 두가지 이상의 독립변수(위험요인)들의 복합위험도(joint effect)를 개개 위험도의 곱으로 표현할 수 있다는 것이다.

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, 도로시설물의 사고발생에의 영향을 분석할 수 있는 바람직한 모형으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 로짓모형을 이용하여 도로유형별(교차로/단일로)로 보행자사고발생확률모형을 구축하였다. 교차로 보행자사고발생확률모형은 앞에서 선정한 변수와 교통특성 반영을 위해 교통량을 설명변수로 하여 구축되었다. 모형의 유의도 검정결과 95% 유의수준에서 우도비, 스코어, 왈드검정 모두 유의한 것으로 나타났다(〈표 11〉).

추정된 계수값을 살펴보면, 도로기하구조와 관련된 시거의 경우 부호가 음(-)으로 나타나 시거가 좋으면 사고발생확률을 감소시키는 것으로 나타났다. 도로안전시설물 중에서는 보도만 부호가 음(-)으로 나타났고, 나머지

〈표 11〉 교차로 보행자사고발생 로짓모형 구축결과

구분	자유도 (d.f)	추정치	표준오차 (S.E)	χ^2 -값	
계수 (β) 추정	절편	1	-1.4230	0.6917	4.2324
	교통량	1	0.1899	0.3512	0.2925
	시거	1	-0.9175	0.3899	5.5392
	횡단보도	1	0.7426	0.6057	1.5031
	신호등	1	0.2447	0.6096	0.1611
	가드레일	1	0.2039	0.4574	0.1988
	조명	1	0.9824	0.3913	6.3022
	보도	1	-0.8192	0.6366	1.6559
모형검정	입지	1	0.8885	0.4849	3.3584
	우도비		$\chi^2=19.6767(d.f=8)$		$p=0.0116$
	스코어		$\chi^2=18.5785(d.f=8)$		$p=0.0173$
	왈드		$\chi^2=16.4280(d.f=8)$		$p=0.0366$

〈표 12〉 단일로 보행자사고발생 로짓모형 구축결과

구분	자유도 (d.f)	추정치	표준오차 (S.E)	χ^2 -값	
계수 (β) 추정	절편	1	-3.3904	0.9040	14.0668
	교통량	1	1.0923	0.6357	2.9530
	횡단보도	1	0.3322	0.8391	0.1567
	신호등	1	1.6833	1.6602	1.0281
	중앙분리대	1	0.4187	0.4145	1.0203
	가드레일	1	0.7735	0.4769	2.6302
	조명	1	-0.3423	0.5459	0.3931
	보도	1	0.2875	0.9597	0.0898
모형 점정	입지	1	0.0902	0.6287	0.0206
	우도비	$\chi^2=12.7669(d.f=8) / p=0.1201$			
	스코어	$\chi^2=13.3636(d.f=8) / p=0.0999$			
wald	$\chi^2=12.0353(d.f=8) / p=0.1496$				

계수는 모두 양(+)의 값으로 추정되었다. 교통량이 많아지면 사고도 늘어나는 것으로 나타났고, 입지도 부호가 양(+)으로 나타나, 보행자 통행량이 많은 소규모 도시지역에서 보행자사고가 더 많이 발생하는 것으로 나타났다.

단일로 보행자사고발생확률모형을 구축한 결과(〈표 12〉) 스코어검정값은 90% 유의수준에서 유의하고, 우도비와 wald검정값은 85% 수준에서 유의한 것으로 나타났다. 이는 단일로에서 보행자 사고가 적어 모형 적합이 잘 안된 것으로 보인다. 계수들의 부호를 살펴보면 조명만이 (-)값을 나타내, 조명설치시 사고가 감소하고 있음을 알 수 있다.

2. 도로안전시설물의 비교위험도 추정

로짓모형의 장점중 하나가 구축된 모형을 이용하여 설명변수와 반응변수의 관계를 양적으로 쉽게 표시해 줄 수 있다는 것이다. 이는 다른 변수를 고정시킨 상태에서 추정한 모수(β)를 이용하여 산정할 수 있음을 식 (7)에서 보인바 있다. 비교위험도(OR; odds ratio)는 '1'일 경우 영향이 없다는 것이고, '1'보다 작을때는 (-)의 영향, '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;

Confidence Interval)은 정규분포를 이용한 점근법을 이용해 추정되는데 이는 식(8)과 같다.

$$95\% CI(OR) = \exp[\beta \pm Z_{\alpha/2} \times S.E.(\beta)] \quad (8)$$

여기서, S.E(β)는 모수 β 의 표준오차, $Z_{\alpha/2}$ 는 95% 신뢰수준에서 1.96이다. 교차로와 단일로 각각의 설명변수별 비교위험도와 95%신뢰구간 추정결과는 〈표 13〉, 〈표 14〉와 같다. 신뢰구간 추정결과를 이용하여 설명변수의 위험도를 구간으로 제시하였다.

교차로의 설명변수별 비교위험도를 살펴보면 시거양호와 보도설치가 보행자 사고를 줄이는 것으로 나타났다. 시거가 좋을 경우 비교위험도가 0.399로 60.1% 사고감소효과가 있으며, 95% 신뢰구간에서 0.186배~0.858배 사고위험도가 줄어드는 것으로 나타났다. 교차로에서 보도가 설치된 경우 보행자사고가 0.441배 줄어들며, 범위는 0.127배~1.535배로 나타나 일부구간에서는 사고가 증가하고 있음을 알 수 있다. 이는 보도가 적절하게 설치되지 못하였거나, 보행교통량이 많은 곳에 보도가 설치되므로 노출량이 많은 지점에서 보행자 사고감소를 위해서는 이를 보완할 수 있는 추가 시설물이 필요함을 의미한다. 이는 횡단보도와 신호등 등 다른 보행자 보호 안전시설물에서도 동일하게 나타나는 현상이다. 소규모 도시지역에서 사고발생 위험도가 농촌지역보다 2.432배 증가(0.940~6.2889)하는 것으로 나타나 소규모 도시지역에 보다 적극적인 보행자 안전대책이 필요함을 알 수 있다.

단일로의 경우는 조명이 설치된 경우 비교위험도가 0.710(0.244~2.070)으로 사고위험도가 줄어드는 것으로 나타났다. 지방부 국도는 조명이 제공되지 않는 시설이었으나 최근 보행자 횡단보도에 투광기를 설치하는

〈표 13〉 교차로 설명변수별 비교위험도 추정

변수	추정치 (β)	표준오차 (S.E)	비교위험도	
			점추정값	95%신뢰구간
교통량	0.1899	0.3512	1.209	(0.608, .407)
시거	-0.9175	0.3899	0.399	(0.186, .858)
횡단보도	0.7426	0.6057	2.101	(0.641, .888)
신호등	0.2447	0.6096	1.277	(0.387, .219)
가드레일	0.2039	0.4574	1.226	(0.500, .005)
조명	0.9824	0.3913	2.671	(1.240, .752)
보도	-0.8192	0.6366	0.441	(0.127, 1.535)
입지	0.8885	0.4849	2.432	(0.940, 2889)

〈표 14〉 단일로 설명변수별 비교위험도 추정

변수	추정치 (β)	표준오차 (S.E)	비교위험도	
			점추정값	95%신뢰구간
교통량	1.0923	0.6357	2.981	(0.858, 10.363)
횡단보도	0.3322	0.8391	1.394	(0.269, 7.220)
신호등	1.6833	1.6602	5.383	(0.208, 39.376)
중앙분리대	0.4187	0.4145	1.520	(0.675, 3.425)
가드레일	0.7735	0.4769	2.167	(0.851, 5.519)
조명	-0.3423	0.5459	0.710	(0.244, 2.070)
보도	0.2875	0.9597	1.333	(0.203, 8.745)
입지	0.0902	0.6287	1.094	(0.319, 3.752)

등 야간 시인성을 개선하는 노력이 시도중이다. 기타 시설물의 경우도 일부구간에서는 보행자 사고를 방지하는 효과적인 시설물로 나타났다. 신호등의 경우 비교효과도의 범위가 0.208~139.376 으로 매우 넓게 나타났다. 이는 지방부 간선도로에서 보행통행량이 발생하는 지점에 신호등이 설치되었으나, 차량들이 신호등을 인지하지 못하거나 무시하는 경우가 많아 오히려 사고 위험도가 증가한 것으로 보인다. 따라서 지방부 신호등 설치시는 시인성을 확보하고 신호감시카메라(red light camera) 등을 함께 설치하는 것이 필요할 것으로 보인다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 지방부 4차로 일반국도를 대상으로 보행자사고발생확률모형을 구축하였다. 모형은 교차로와 단일로로 구분하여 로짓모형으로 적합되었다. 반응변수는 사고발생여부(1, 0)가 되고 설명변수는 χ^2 검정을 통해 교통량, 시거, 입지특성, 각종 도로안전시설물 설치여부가 선정되었다.

모형 구축결과 교차로에서는 시거증가와 보도설치가 사고발생확률을 줄이는 것으로 나타났다. 단일로에서는 조명설치가 음(-)의 값으로 나타나 사고발생확률을 줄이는 것으로 나타났다. 입지는 교차로, 단일로 모두 소규모 도시지역에서 보행자사고 발생확률이 높은 것으로 나타났다.

구축된 모형의 추정모수값(β)을 이용하여 다른 변수들이 고정되었을때 해당 변수의 비교위험도(OR)를 산정하였다. 산정결과 교차로에서는 시거가 좋을때 시거불량 도로구간에 비하여 사고위험도가 60.1% 감소(비교위험도 0.399)하는 것으로 나타났고, 이를 구간으로 보면 14.2%~81.4% 감소(비교위험도 0.186~0.858)하는 것으로 나타났다. 보도의 경우도 설치시 비교위험도가 0.441 이나, 구간추정에서는 1.535배까지 증가하고 있

어 일부구간에서는 보도가 설치되어도 사고발생확률이 증가하고 있음을 알 수 있다. 이는 보도가 적절하게 설치되지 못하였거나, 보행교통량이 많은 곳에 보도가 설치되므로 노출량이 많은 지점에서 보행자 사고감소를 위해서는 이를 보완할 수 있는 추가 시설물이 필요함을 의미한다. 단일로의 경우는 조명의 비교위험도가 0.710으로 사고위험도가 줄어드는 것으로 나타났다. 도로유형(교차로, 단일로)에 상관없이 소규모 도시지역이 농촌지역보다 사고발생 위험도가 더 큰 것으로 나타났고, 교통량이 많아질수록 사고위험도도 커짐을 알 수 있었다.

비교위험도 추정결과를 근거로 하여 살펴볼 때, 시거개선, 보도설치, 조명설치 등이 보행자 사고를 줄이기 위한 효과적인 대안으로 판단된다. 그러나 시설특성상 보행자 통행량이 많거나 사고다발지점에 설치되는 시설물인 신호등, 횡단보도 등은 분석결과를 토대로 단순 해석하는 것은 한계가 있다. 왜냐하면 일반적으로 노출량(보행자 통행량)이 많으면 사고발생확률이 커질 수 밖에 없으므로, 주로 노출량이 많은 지점에 설치된 시설물인 신호등과 횡단보도가 있는 구간에서 사고발생확률이 높아질 수 밖에 없기 때문이다. 비교위험도(OR)의 95% 신뢰구간을 산정해 이를 OR의 구간위험도로 하여 살펴보면, 점추정치는 효과가 있다 없다 단정적으로 말할 수 있는 시설물도, 구간범위를 보면 대부분 사고감소에서 사고증가까지 걸쳐 있음을 알 수 있다. 이는 해당 시설물 또는 기하구조나 입지 특성이 도로구간에서 다른 요소와의 관계에 따라 다양한 효과를 나타냄을 보여준다. 따라서 특정 안전시설물 설치시에는 해당 구간의 도로·교통환경 및 다른 종류의 시설물과의 조화(복합효과도) 등을 고려하여야 한다.

본 연구는 기존 보행자사고 관련 연구가 주로 사고 발생 지점들만을 대상으로 모형을 구축하거나 분석한 것과는 달리 사고가 발생하지 않은 지점을 포함하여 사고발생확률모형을 구축하였다는데 의의가 있다. 또한 설명변수로 각종 도로안전시설물 설치여부를 채택하였고 각 변수에 대한 비교위험도를 산정하여, 각 시설물의 효과도를 산정하였다. 기존연구에서 로짓모형을 이용하여 사고확률모형을 구축한 사례가 있으나, 비교위험도를 산정하여 각 설명변수의 효과도를 제시한 것은 최초의 시도라 할 수 있다.

본 연구의 로짓모형을 이용한 안전시설물의 효과도 분석은 도로종류, 도로유형, 사고유형, 입지 등에 따라 다양하게 채택가능한 방법론이다. 또한 도로시설물 이외에도 교

통사고에 영향을 미치는 인적, 환경적, 차량적 요인의 영향을 설명변수로 하여 모형구축이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구는 지방부 4차로를 대상으로 한 보행자사고 확률모형으로 도시부와 같이 도로·교통환경이 다른 경우는 별도의 모형이 구축되고 시설물 효과도 분석이 향후 이루어져야 한다. 본 연구는 로지모형의 장점부분에서 언급한 복합효과도를 고려하지 못하였다. 시설물이 중복되어 설치되는 경우가 많으므로 복합효과도 분석이 필요하다. 또한 소통위주의 교통정책에서 교통안전과 교통약자를 고려한 정책으로 전환하기 위해서는 보행자관련 연구의 확대가 필요하다. 안전시설물의 특성에 따른 효과도를 산정하기 위해서는 시설물 설치전·후 사고발생건수를 수집하여 사전·사후분석(Before and After Study)이 이루어 져야 한다. 따라서 향후에는 교통사고DB구축이 미비하거나 본 연구의 한계로 고려하지 못한 부분을 개선한 보행자사고건수에측모형 개발이 이루어져야 한다.

참고문헌

1. 건설교통부(2003), “국도1호선(무안~나주) 및 국도 14호선(통영~마산)교통안전개선방안기본조사”, 교통개발연구원, 도로교통안전관리공단, pp.13~106.
2. 건설교통부(2004), 『제5차 교통안전 기본계획(2002~2006)』 변경계획, 건설교통부, pp.122~129.
3. 김범일, 오철, 강연수(2005), “제한속도 설정에 따른 교통안전 편익평가-보행자 사망확률모형 개발 및 활용-”, 2005 대한토목학회 정기학술대회 논문집, 대한토목학회, pp.3782~3785.
4. 도로교통안전관리공단(2004a), “2004년판 교통사고통계분석”, 도로교통안전관리공단, pp.187~192.
5. 도로교통안전관리공단(2004b), “OECE 회원국 교통사고비교”, 도로교통안전관리공단, pp.27~37.
6. 도로교통안전관리공단(2003), “교통사고찾은곳기 본개선계획 및 효과분석”, 도로교통안전관리공단, pp.53~55.
7. 유근영(1996), “의료-보건학을 위한 범주형 자료 분석론”, 서울대학교 출판부, pp.79~112.
8. 이두희(2005), “횡단보도 보행자의 동태적 행위 관련 안전예측모형 개발”, 대한토목학회논문집 제 25권 제3D호, 대한토목학회, pp.439~445.
9. 하태준, 문권수, 김용길(2002), “신호교차로 보행자 교통사고 특성과 방지대책에 관한 연구(광주광역시

역시를 중심으로)”, 대한토목학회 2002년 학술발표회 논문집, 대한토목학회, pp.53~56.

10. Agresti(1996), “An introduction to categorical data analysis”, A Wiley-Interscience publication, pp.27-30, pp.205~210.
11. Al-Ghamdi, A. S.(2002), “Pedestrian-vehicle crashes and analytical techniques for stratified contingency tables”, Accident Analysis and Prevention 34, pp.205~214.
12. Garder, P.E.(2004), “The impact of speed and other variables on pedestrian safety in Maine”, Accident Analysis and Prevention 37, pp.533~542.
13. Graham, D., S. Glaister, R. Anderson(2005), “The effects of area deprivation on the incidence of child and adult pedestrian casualties in England”, Accident Analysis and Prevention 37, pp.125~135.
14. Lee, C., M. Abdel-Aty(2005), “Comprehensive analysis of vehicle-pedestrian crashes at intersections in Florida”, Accident Analysis and Prevention 37, pp.775~786.
15. Preusser, D.F., et.al.(2002), “Pedestrian crashes in Washington D.C and Baltimore”, Accident Analysis and Prevention 34, pp.703~710.
16. Shankar, V. N. et.al.(2003), “Modeling crashes involving pedestrians and motorized traffic”, Safety Science 41, pp.627~640.
17. 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, pp.369~379.

✉ 주 작 성 자 : 박규영
 ✉ 교 신 저 자 : 이수범
 ✉ 논문투고일 : 2006. 2. 2
 ✉ 논문심사일 : 2006. 3. 23 (1차)
 2006. 4. 12 (2차)
 2006. 4. 26 (3차)
 2006. 5. 4 (4차)
 ✉ 심사판정일 : 2006. 5. 4
 ✉ 반론접수기한 : 2006. 10. 31