



도시부 교차로에서의 자전거 사고유형 분석에 관한 연구

A Study on Bicycle Accident Patterns at Urban Intersections

김도훈* 조한선** 김응철***
 Kim, Do-Hoon Cho, Han-Seon Kim, Eung-Cheol

Abstract

Recently, users of bicycles as a green mode are rising sharply, but there are few efforts to increase bicycle safety and to decrease the number of accidents between vehicles and bicycle users. Therefore, this research seeks to improve bicycle safety at intersections by analysing causation factors of bicycle accidents pattern and providing optimal intersection design guidelines. For this study, real bicycle accident data of fifty six occurred in the Incheon metropolitan area in the year of 2005 were collected and field surveys were conducted. In addition, this research developed a bicycle accident pattern model with using multinomial logit model. The model results showed that presence of fatality, presence of traffic islands on the minor road, highway_type, weather, presence of traffic bus_stop on the major road, minor road lane width, victim induce factor are significant for bicycle safety.

Keywords : accident pattern, bicycle accident, intersection, multinomial logit model

요 지

최근 녹색교통수단으로서 자전거의 이용자수는 급격하게 증가하고 있으나 차대 자전거사고 감소와 자전거 이용자의 안전성 향상에 대한 노력은 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 최적의 교차로 설계지침 제공 및 자전거 사고유형에 영향을 미치는 요인들을 면밀히 분석하여 교차로에서의 자전거사고 안전성 향상에 그 목적이 있다. 이를 위해 본 연구에서는 2005년도 인천광역시 사지교차로에서 발생한 56건의 자전거사고 자료에 대한 분석과 사고발생 교차로에 대한 현장조사를 실시하였으며, 다항로짓모형을 이용하여 3가지 경우에 대한 자전거 사고유형 분석모형을 개발하였다. 모형분석결과, 사망사고 유무, 부도로 교통섬 유무, 도로위계, 사고당시 날씨, 주도로 버스정류장 유무, 주도로 차로폭, 인적유발요인이 자전거 사고유형에 중요한 변수로 나타났다.

핵심용어: 사고유형, 자전거 사고, 교차로, 다항로짓모형

* 정회원 · 한국교통연구원 육상교통연구본부 연구원
 ** 정회원 · 한국교통연구원 육상교통연구본부 책임연구원
 *** 정회원 · 인천대학교 토목환경시스템공학과 조교수



1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

1990년 우리나라 국내총생산(GDP)은 187조원에서 2006년 848조원으로 외형적으로는 무려 4.5배 이상 증가¹⁾한 것으로 나타났다. 이는 단기간에 급격한 경제성장과 더불어 자동차 수요 역시 크게 증가되는 원인이 되었다. 그러나 자동차로 인한 교통사고는 해마다 끊이지 않고 있으며, 우리가 운송수단인 자동차로부터 얻을 수 있는 편리성이 증가할수록 자동차로 야기되는 각종 부정적인 사회적 비용 역시 기하급수적으로 증가하고 있는 것이 현실이다. 이에 대한 그런 교통수단으로서의 전환이 시급히 요구되고 있는 시점에서 자전거 이용자는 세계 각국에서 최근 급속하게 증가하고 있다. 우리나라 또한 1995년 「자전거 이용 활성화에 관한 법률」이 제정되어 자전거 이용자 수가 크게 증가하였으나, 이에 반해 자전거 이용자에 대한 안전성 향상을 위한 노력은 극히 미비한 실정이다. 자전거 이용자의 안전보장이 취약한 곳은 도로구간과 교차로이다. 특히, 자전거와 차량간의 상충이 빈번하게 발생하는 지점은 교차로가 대표적이라고 할 수 있다. 1990년에 전체 교통사고 중 교차로에서의 차대차사고 비율은 10.48%이었으나 2006년에는 42.41%로서 교차로에서의 교통사고발생률은 점차 증가²⁾하고 있다. 또한 교차로에서의 차대 자전거 사고의 발생빈도는 차대 차 사고보다 상대적으로 적으나 사고의 심각도면에서는 차대 자전거사고의 심각도가 차대 차 사고의 심각도보다 더욱 높다. 그러므로 교차로에서의 차대 자전거사고는 매우 큰 치명상으로 연결될 수 있다는 점에서 교차로 주변에서의 자전거 주행환경 개선에 따른 안전성 확보는 결코 소홀이 할 수 없다. 본 연구에서는 도시부 교차로에서 발생되었던 차대 자전거사고 자료를 통하여 최적의 교차로 설계지침을 위한 기초자료 제공 및 자전거사고 유형에

영향을 미치는 요인들을 면밀히 분석하여 교차로에서의 자전거사고 안전성 향상에 그 목적이 있다.

2. 문헌고찰

2.1 기존연구 고찰

자전거를 주제로 수행된 선행연구들에 대하여 살펴보고자 한다. 최근에 이루어진 국내연구로서 황정훈 외(2005)는 자전거이용이 활성화된 네덜란드의 하우텐시를 참고하여 자전거 주행환경 개선방안에 대한 연구를 수행하였다. 개선방안에 대한 환경, 안전, 편리측면에서 비교평가를 수행하고, AHP를 통하여 종합적인 분석을 실시하였다. 연구결과, 도로공간의 재배분에 의한 자전거도로 설치와 자동차와 분리된 자전거도로망을 구성하는 개선안이 효과적인 것으로 나타났다.

오창수 외(1998)는 자전거도로 시설기준에 관한 연구를 통하여 자전거도로 시설기준에 대한 개선방안을 시설기준의 측면, 자전거도로의 설치위치, 자전거 횡단로 시설기준 등의 측면에서 분석하였다. 분석결과, 자전거전용도로보다는 겸용도로나 혼용도로의 경우가 82% 이상으로 대부분 안전성이나 효율성 측면에서 미흡한 것으로 나타났다.

손영태 외(2002)는 자전거 교통류의 기본 특성에 관한 연구에서 연속류 시설의 경우 5,000대/시/차로, 단속류 시설의 경우 약 3,000대/시/차로의 포화교통류율을 보이는 것으로 분석하였고, 통행시 점유면적이 2.21m×4.1m 이상일 경우 쾌적한 상태의 통행이 가능한 것으로 분석하였다.

추가적인 연구로써 노용호 외(1998)에 의한 도시 자전거 이용시설 정비계획의 문제점과 개선방안, 이재영 외(1998)에 의한 자전거 관련연구의 세계적 동향과 전망, 이병주 외(2001)에 의한 자전거 이용자

1) 통계청 홈페이지(www.nso.go.kr)
2) 도로교통안전관리공단, 통계분석, 2007



의 행태분석에 관한 선행연구들이 진행되었다.

국외의 경우에는 교차로에서의 자전거사고를 예측하고 그에 따른 원인분석 및 개선사항을 제시한 연구가 다양하게 수행되고 있다.

우선, Wang 외(2004)는 Tokyo의 115개 신호교차로에서 1992년부터 1995년 동안 수집된 데이터를 이용하여 방법론을 구축하였으며, 교차로에서 자전거와 자동차간에 발생하는 사고를 직진차량과의 충돌, 좌회전차량과의 충돌 그리고 우회전차량과의 충돌로 분석한 결과 좌회전 차량과 우회전차량은 교차로를 횡단하는 자전거 이용자를 인지하는데 어려움이 많기 때문에 회전차량의 충돌사고 빈도가 높게 나타난다고 규명했다.

Andy H. Lee 외(2002)의 연구는 이번 연구의 목적과 상당히 비슷한 측면을 보이는 연구로써, 사고가 발생하지 않은 비사고 지점을 포함하여 사고 예측모형을 개발하였다. 또한 분석을 위하여 Poisson 회귀 모형과 Negative Binomial 회귀모형, 그리고 ZIP 회귀모형을 개발하여 비교·분석을 실시하였다. 분석 결과, 젊은 층의 사고에 있어서 사고에 영향을 미치는 주요 설명변수로는 운전시의 자신감, 모험심, 면허취득 전의 운전횟수 등으로 분석되었다.

Brown 외(2002)의 연구에서는 자동차에 의한 희생자들은 대부분 16세 이하의 어린이에게 발생되며, 사고발생시 자동차와 자동차간의 부상정도보다 자동차와 자전거사이에서 발생한 부상의 심각도는 매우 크다고 규명하였다.

Doherty 외(2000)의 연구에서는 Toronto 와 Ottawa에서의 통근자의 자전거사고는 2,945명의 자전거를 이용하는 성인을 대상으로 조사되었으며, 그 결과 사고의 주된 요인으로서 월, 요일, 지역, 도로의 표면상태가 자동차 교통류에 민감한 영향을 주며, 계절상으로 가을의 도로 표면상태가 사고에 더욱 영향을 주는 것으로 나타났다.

Mikko Rasanen 외(1998)는 자동차 운전자와 자전거 이용자 사이의 인지능력과 사고자료를 이용하여 실제의 사고거동을 세부적으로 재구성하여 분석

한 결과 자동차 운전자와 자전거 이용자의 충돌사고가 발생했을 경우, 운전자의 37%가 위험성을 인지하지 못했거나 대처할 수 있는 충분한 시간을 확보하지 못하여 사고가 발생되며, 대부분의 자동차 운전자와 자전거 이용자의 충돌 패턴은 운전자가 우회전하기 전에 좌측에서 다가오는 차량에 집중하고 있을 때 자전거 이용자가 접근하는 경우로 분석되었다.

Roders(1995)는 자전거사고의 심각도가 여성운전자, 44세 이상의 자전거 운전자 그리고 야간에 증가되고 45~64세의 연령층의 경우 15세 이하의 아동에 비해 2배의 위험성을 내포하고 있으며, 65세 이상의 노인은 15세 이하의 아동보다 6~9배 높은 것으로 나타났다.

이밖에 Hoque(1990)는 대도시에서는 오전 침두 시간(08:00~09:00)에 자전거사고가 발생하는 연령층의 67%가 5~17세의 나이에서 나타나며, 성인의 경우에는 70%가 오후 침두시간(18:00~19:00)에 사고가 발생하는 것으로 나타났다. 또한 야간에 발생하는 사고의 약 80% 이상이 간선도로 구간과 높은 제한속도(75kph 이상)가 적용된 주도로에서 발생하는 것으로 나타났다.

본 연구에서 개발하고자 하는 자전거 사고유형 분석과 관련된 선행연구를 살펴본 결과, 국내의 경우에는 자전거 주행환경 및 자전거 이용시설에 관한 연구가 대부분이었으며, 국외의 경우에는 자전거사고 빈도 및 심각도에 관한 연구는 수행되어 왔으나 자전거 사고유형 분석에 관한 연구는 매우 미비한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 기존 모형이 자전거 사고유형을 반영하기에는 한계가 있다는 점을 감안하여 다항로짓모형(Multinomial Logit Model)을 이용하여 차대 자전거 사고유형에 영향을 미치는 요인들을 분석하고자 한다.

2.2 MNL에 대한 이론적 고찰

본 연구의 종속변수는 사고유형이며, Type A, Type B, Type C, Type D의 네 범주로 구성되어 있



으며, Type A는 "0", Type B는 "1", Type C는 "2", Type D는 "3"으로 부호화하였다. 이와 같이 세 범주 이상의 명목변수를 분석하기 위하여 본 연구에서는 다항로짓모형(Multinomial Logit Model)을 분석방법으로 이용하였다.

다항로짓모형은 종속변수의 여러 범주 중에서 한 범주를 기준범주로 정하고, 다른 범주를 기준범주와 비교하는 방법을 사용한다. 즉, 종속변수의 결과가 기준범주에 비하여 다른 범주에 속할 확률을 계산하는 것이다³⁾. 본 연구에서는 종속변수가 사고유형이 기 때문에 종속변수가 특정 사고유형 j 에 속할 확률을 $P(Y = j)$ 라고 하면,

$$P(Y = j) = \frac{e^{\sum_{k=1}^K \beta_{jk} x_k}}{1 + \sum_{j=1}^{J-1} e^{\sum_{k=1}^K \beta_{jk} x_k}} \quad (1)$$

라고 표시된다. 또한, 기준범주 J 에 포함될 확률은

$$P(Y = J) = \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^{J-1} e^{\sum_{k=1}^K \beta_{jk} x_k}} \quad (2)$$

이다. 따라서, J 집단에 비해 j 집단에 포함될 확률은 (1), (2)의 식에서 두 식의 분모가 같으므로 이를 정리하면,

$$\frac{P(Y = j)}{P(Y = J)} = e^{\sum_{k=1}^K \beta_{jk} x_k} \quad (3)$$

로 표시된다.

이 식을 간단히 만들기 위해서 양변에 로그를 취하면 식 (4)와 같다.

$$\log \left[\frac{P(Y = j)}{P(Y = J)} \right] = \sum_{k=1}^K \beta_{jk} x_k \quad (4)$$

결과적으로 다항로짓에서는 위의 식 (4)에서 β 값을 계수로 제시하게 된다. β 값은 두 개 범주의 비교

값이므로, 범주의 개수에 따라 β 값의 개수도 달라진다. 예를 들어서, 종속변수의 범주가 세 개인 경우에 β 값은 두 종류로 나타나게 된다. 또한 종속변수의 범주가 네 개인 경우에 β 값은 6종류로 나타나게 된다. 본 연구에서는 종속변수의 범주가 네개이고, 기준범주가 Type A이기 때문에 여섯 종류의 β 값이 나타난다. 첫째 β 는 Type B/Type A, 둘째 β 는 Type C/Type A, 셋째 β 는 Type D/Type A, 넷째 β 는 Type C/Type B, 다섯째 β 는 Type D/Type B 그리고 여섯째 β 는 Type D/Type C가 된다.

다항로짓을 통해서 β 값을 구하게 되면 다시 반대의 방법으로 종속변수가 각 범주에 속하게 될 확률을 구할 수 있다. 각 범주에 속하게 될 확률은 다음과 같다.

$$P(Y = 1) = \frac{e^{\sum_{k=1}^K \beta_{1k} x_k}}{1 + \sum_{j=1}^{J-1} e^{\sum_{k=1}^K \beta_{jk} x_k}} \quad (5)$$

$$P(Y = 2) = \frac{e^{\sum_{k=1}^K \beta_{2k} x_k}}{1 + \sum_{j=1}^{J-1} e^{\sum_{k=1}^K \beta_{jk} x_k}} \quad (6)$$

$$P(Y = 0) = \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^{J-1} e^{\sum_{k=1}^K \beta_{jk} x_k}} \quad (7)$$

최종적으로 개발된 모형에 대하여 모형의 설명력과 모형의 적합성을 검증하기 위해 ρ^2 (우도비)를 사용하였으며, ρ^2 는 0과 1사이의 값을 갖는데 1에 가까울수록 적합도가 높은 모형으로 평가된다. 그러나 교통사고와 도로시설의 관계에 대한 모형의 ρ^2 값은 0.2와 0.4사이의 값만 가져도 추정된 모형이 아주 좋은 적합도를 가지는 것으로 평가할 수 있다 (McFadden, 1976). 관련식은 다음과 같다.

3) Maddala, G.S. 1983, "Limited-Dependent and Qualitative variables in Econometrics", Cambridge University Press



$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\cdot)}{LL(0)} \quad (0 \leq \rho^2 \leq 1) \quad (7)$$

LL(·) : log likelihood function
 LL(0) : restricted log likelihood

화가 되고 있는 상황에서 시급히 자전거 안전시설을 마련하여 자전거 이용자의 안전을 확보해야만 한다.

표 1. 우리나라 자전거사고의 연령층별 사상자 추이

(단위 : 건(%))

상태 연령	1999		2001		2003		2005	
	사망	부상	사망	부상	사망	부상	사망	부상
계	263 (100)	7,085 (100)	293 (100)	5,462 (100)	256 (100)	5,753 (100)	299 (100)	7,663 (100)
14세 이하	22 (8)	1,928 (27)	30 (10)	1,508 (26)	13 (5)	1,536 (27)	21 (7)	1,877 (24)
15~ 20세	13 (5)	676 (10)	9 (3)	399 (7)	3 (1)	373 (6)	8 (3)	490 (6)
21~ 30세	8 (3)	617 (9)	4 (1)	489 (8)	7 (3)	455 (8)	6 (2)	614 (8)
31~ 40세	10 (4)	618 (9)	10 (3)	569 (10)	13 (5)	516 (9)	8 (3)	718 (9)
41~ 50세	24 (9)	727 (10)	17 (6)	712 (12)	24 (9)	626 (11)	23 (8)	1,111 (14)
51~ 60세	51 (19)	977 (14)	48 (16)	834 (14)	43 (17)	776 (13)	51 (17)	1,005 (13)
61세 이상	135 (51)	1,542 (22)	175 (60)	1,395 (23)	149 (58)	1,381 (24)	182 (61)	1,848 (24)
연령 불명	0 (0)	4 (0)	0 (0)	6 (0)	4 (2)	90 (2)	0 (0)	0 (0)

자료 : 도로교통안전관리공단, 통계연보, 2006

3. 자전거 사고현황 및 자료수집

3.1 자전거 사고 발생현황

국내 교차로에서의 차대 차사고 발생건수 추이를 살펴보면, 1990년에 26,758건으로서 총 255,303건의 교통사고건수 중 10.48%를 차지하며, 1995년에는 18%, 2000년 19.63% 그리고 2006년에는 42.41%로 나타나 교차로에서의 사고발생률은 급속도로 증가하고 있는 추세이다⁴⁾. 2005년도 인천광역시에서 발생한 차대 자전거 사고건수는 191건이며, 이중 사망사고가 11건(5.8%)으로 나타났다. 이는 인천광역시에서 발생한 전체 교통사고 11,709건 중에서 사망사고가 207건(1.8%)으로서 자전거 사고의 심각도가 약 3.2배 높은 것을 알 수 있다. 결국 교차로 주변 및 교차로 그 자체에 자전거 사고를 유발시키는 요인이 내재되어 있음에도 불구하고 그동안 적절한 대책마련이 미흡했다고 볼 수 있다. 표 1은 우리나라에서 발생한 자전거사고의 연령층별 사상자를 나타낸 것이다.

자전거를 이용하는 연령층 중 61세 이상 연령의 사망자수는 1999년 135명(51%), 2001년 175명(60%), 2003년 149명(58%), 2005년 182명(61%)로 전체 사망자의 50% 이상을 차지하며, 14세 이하 연령의 부상자수는 1999년 1,928명(27.2%), 2001년 1,508명(25.5%), 2003년 1,536명(26.7%), 2005년 1,848명(24%)로 14세 이하의 연령대가 전체 부상자의 연령대 중 가장 큰 비율을 차지하고 있다. 따라서 현대사회가 점차 고령

3.2 사고자료 수집 및 사고유형 정리

본 연구에 사용된 자료는 2005년 한해동안 강화도를 제외한 인천광역시의 전 지역에서 발생한 자전거 사고자료를 바탕으로 사지신호교차로(36건) 및 사지비신호교차로(20건)에서 발생한 56건의 차대 자전거 사고를 이용하였으며, 교차로 교통사고에 영향을 미치는 교통량 및 주변 환경자료에 대해서는 국내의 문헌조사를 통하여 종속변수에 영향을 주는 설명변수들을 정리하였다. 또한 사고자료에 인적요인 자료를 포함하였으며 해당교차로의 현장조사를 통해

4) 도로교통안전관리공단, 통계분석, 2007



수집된 연령, 성별, 사고발생당시의 차량주행속도, 신호기 운영상태, 토지이용도, 교통섬 유무, 중앙분리대 유무, 시거, 차량주행 제약시설물, 교통량 등의 42개 항목을 88개의 주요 설명변수로 세분화하였다. 또한 자전거사고 자료에 제시된 항목 중 도로기하구조는 해당교차로에 대한 현장조사 결과 사고당시의 기하구조와 상이한 항목은 없었다. 표 2는 본 연구에서 개발한 모형의 주요 설명변수들을 나타낸 것이다.

표 2. 주요 설명변수의 표시방법

주요 변수	통계분석을 위한 표시방법	기초통계량(N=56)			
		최소	최대	평균	표준편차
도로위계 1	간선도로와 간선도로가 결합된 교차로[표시방법 : 무=0, 유=1]	0	1	0.5741	0.4993
도로위계 2	간선도로와 집분산도로가 결합된 교차로[표시방법 : 무=0, 유=1]	0	1	0.2679	0.4469
사망사고 유무	사망유무 [표시방법 : 무=0, 유=1]	0	1	0.6250	0.5897
날씨	사고발생당시의 날씨 [표시방법 : 맑지않음=0, 맑음=1]	0	1	0.1071	0.3121
부도로 교통섬	교차로의 교통섬 유무 [표시방법 : 무=0, 유=1]	0	1	0.2143	0.4140
주도로 버스정류장	교차로 인근 30m 이내에 버스정류장 유무[표시방법 : 무=0, 유=1]	0	1	0.5536	0.5016
주도로 속도제한시설	교차로에서의 속도제한시설 유무 [표시방법 : 무=0, 유=1]	0	1	0.2500	0.4369
주도로 차로폭	차로 폭 [표시방법 : m]	2.5	7	3.1836	0.7027
가해자 인적 유발요인	사고당시 가해자 인적유발요인 유무 [표시방법 : 무=0, 유=1]	0	1	0.6786	0.4713

차대 자전거 사고유형의 구분을 총 56건의 사고건수를 이용하여 차량 진행방향에 따라서 좌회전·우회전·직진 전과 후로 총 6개의 유형으로 구분이 가능하였으나 각 유형에 해당되는 사고자료의 부족으로 인해 그림 1과 같이 3개의 유형으로 분류하여 본 연구의 수행이 가능토록 하였다.

TYPE	사고 유형	설 명
A		- 특징 : 차량이 좌·우회전 전에 발생한 사고유형 - 사고건수 : 25건/56건 (44.6%)
B		- 특징 : 차량이 좌·우회전 후에 발생한 사고유형 - 사고건수 : 18건/56건 (32.1%)
C		- 특징 : 차량이 직진 전·후에 발생한 사고유형 - 사고건수 : 13건/56건 (23.3%)

그림 1. 자전거 사고유형

4. 모형개발 및 결과분석

4.1 모형개발

다항로짓모형을 개발하는데 있어 종속변수에 영향을 주는 설명변수의 중복을 방지하고 각각의 설명변수들 사이의 독립성을 확보할 수 있는 변수만을 채택하기 위해 종속변수와 설명변수, 설명변수와 설명변수간의 상관관계(Correlation)를 신뢰수준 90% ($\alpha=0.1$) 이내에서 분석하였다. 또한 본 연구에서 개발한 교차로에서의 자전거 사고유형 모형에 대해서 최종적으로 ρ^2 (우도비)를 통한 적합도 검증을 수행하였으며, 사고유형에 영향을 미치는 주요 설명변수들에 대한 분석을 실시하였다. 표 3은 자전거 사고 유형에 영향을 미치는 주요 설명변수들의 상관관계를 나타낸 분석 결과이다.



표 3. 자전거 사고에 대한 분석결과

설명변수	Type A	Type B	Type C
상수	-	-6.0240	-9.4440*
도로위계 1	-1.1031	-0.5164	-1.6195
도로위계 2	2.7942	-6.3382*	-3.5440
사망사고유무	-2.1391*	-0.6723	-2.8114**
날씨	0.4501	4.1744*	4.6245*
부도로 교통섬	3.0745*	1.1420	4.2165**
주도로 버스 정류장 유무	-1.2069	-1.3101	-2.5170**
주도로 속도 제약시설 유무	0.3070	-0.2748	0.0322
주도로 차로폭	0.2908	2.1322	2.4230*
가해자 인적유발요인	1.3212*	3.9644**	2.6433
Log likelihood function	-39.5412		
Restricted log likelihood	-59.5768		
ρ^2	0.34		
사고건수	56		

주 : *는 p-value < 0.1, **는 p-value < 0.05임.

4.2 결과분석

인천광역시의 차대 자전거 사고의 유형분석을 위해 개발된 모형의 유효한 설명변수들은 각각의 유형마다 이를 결정하는 요인들과 그 영향정도에 있어 유의적인 차이가 있는 것으로 분석되었다. 즉, 각각의 유형 선택별로 서로 다른 특성을 나타내고 있다고 해석할 수 있다. 자전거 사고유형을 결정하는데 영향을 미치는 설명변수들을 살펴보면 다음과 같으며, 전체 모형의 적합도 판정결과 ρ^2 가 0.34로 나타나 모형의 적합성이 우수한 것으로 분석되었다.

우선, 교차로 내에서 차량이 좌·우회전 전에 발생한 사고유형에 관한 유의한 설명변수는 사망사고 유무와 부도로 교통섬 그리고 가해자의 인적요인으로 나타났다. 차량이 좌·우회전 전에 사고가 발생할 경우 사망사고가 줄어드는 것으로 나타났는데 이는 좌·우회전을 위한 차량이 교차로로 접근하는 차량을

주시하기 위한 속도감소로 인하여 사고발생시 자전거와의 충격감소로 인한 결과로 분석된다. 교통섬의 설치목적은 차량정지선을 교차로에서 후퇴시켜 교차로를 횡단하는 보행자의 안전을 도모하며 우회전 차량의 원활한 흐름을 유지시키기 위함이다. 본 연구결과로서 부도로에 교통섬이 있으면 차량이 좌·우회전 전에 발생할 확률이 큰 것으로 나타났는데 이는 차량이 우회전시 교통섬으로 인하여 교차로 전에 발생하는 타당한 결과로 분석된다. 또한 대부분의 사고가 인적요인에 의해서 발생되듯이 가해자의 전방주시 태만, 심신건강상태 불량 등의 인적요인에 의해 사고 발생확률이 높은 것으로 분석된다.

교차로 내에서 차량이 좌·우회전 후에 발생한 사고 유형에 유의한 설명변수로는 도로위계 2와 사고발생 당시의 날씨, 가해자 인적요인으로 나타났다. 간선도로와 집분산 도로가 결합된 교차로에서는 좌·우회전 후에 사고가 발생할 확률이 낮게 나타났다. 이는 도시부에서의 간선도로에 속한 교차로는 도로의 특성상 대부분 신호등이 설치되어 있어 자전거 및 차량의 안전한 횡단으로 인한 결과로 분석되며, 사고발생 당시의 날씨가 맑을 경우에 좌·우회전 후에 사고가 발생할 확률이 높은 것으로 나타났다.

교차로 내에서 차량의 직진 전·후에 발생한 사고 유형에 관한 유의한 설명변수로는 사망사고 유무, 날씨, 부도로 교통섬, 주도로 버스정류장 유무, 주도로 차로폭이 중요한 요인으로 나타났다. 사망사고 유무의 경우 계수의 부호가 음(-)의 부호로 나타나 교차로 내에서 차량의 직진 전·후의 사고유형에는 사망사고가 발생한 곳일수록 차량의 직진 전·후에 발생할 확률이 낮게 나타났는데, 이는 본 연구에서 사용된 사고자료에서 사망사고가 기타 사고에 비해 거의 일어나지 않았기 때문에 나타난 결과로 분석된다. 그리고 사고발생 당시의 날씨가 맑고, 부도로의 교통섬이 있을 경우에 차량의 직진 전·후에 발생할 확률이 높게 나타났다. 또한 교차로 주변에 버스정류장이 있을 경우에는 계수 값이 음(-)으로 나타났는데 이는 버스와 충돌을 방지하기 위해서 운전자는 사전에



감속을 하므로 교차로 직진 전·후의 사고발생확률이 낮아지는 것으로 분석된다. 마지막으로 주도로의 차로폭이 클수록 직진차량의 속도는 증가하기 때문에 횡단하는 자전거 발생시 운전자의 인지반응시간이 길어지므로 교차로 내에서 차량의 직진 전·후에 발생할 확률이 매우 높은 것으로 분석된다.

5. 결론

교차로는 전체 교통시스템을 구성하기 위한 매우 중요한 역할을 담당하는 시설로써 교차로의 구조, 형태 및 위치에 따라서 교차로 이용자의 안전성이 좌우된다. 그러나 생활수준의 향상 및 국민건강의 일환으로서 자전거의 이용률이 급증하고 있는 현시점에서 교차로 주변에서의 자전거 안전시설의 미흡함으로 인한 사고가 끊이지 않고 있다. 따라서 교차로에서의 사고유발요인들을 면밀히 분석하여 주변환경 및 교차로 주변의 안전성을 고려한 최적의 교차로 설계는 반드시 필요하며 차대 자전거 사고에 대한 대비책을 강구해야만 한다.

본 연구에서는 인천광역시 교차로에서 발생한 56건의 사고자료와 사고가 발생한 교차로에 대해서 현장조사를 실시하고 자전거 사고유형 분석이 가능한 다항로짓모형을 적용하여 인천광역시 자전거 사고유형 분석을 위한 모형을 개발하였다. 자전거 사고의 유형에 영향을 미치는 주요설명변수로는 사망사고 유무, 부도로 교통섬, 도로위계 2, 사고당시 날씨, 주도로 버스정류장 유무, 주도로 차로폭 그리고 인적유발요인이 가장 중요한 설명변수로 나타났다.

본 연구에서 개발된 자전거 사고유형 분석 모형은 기존 및 신설교차로에서의 도로기하구조 자료와 인적요인 자료를 이용하여 사전에 차대 자전거 사고유형의 가능성을 예측하는데 사용될 수 있다. 하지만, 교차로에서의 자전거 사고유형 분석 모형을 보다 체계적으로 발전시키기 위해 몇 가지 보완사항이 있다.

첫째, 자전거 관련 DB구축이다. 현재 해외의 녹색

교통수단의 첨단화를 통해 자전거 이용자의 OD 및 자전거 교통량 자동수집 시스템이 구축되고 있다. 따라서 본 연구에서도 정확한 자전거 DB를 이용한다면 자전거 관련 사고예측의 정확도를 높일 수 있다.

둘째, 충분한 샘플수를 확보하여 그룹별 분석이 가능해야 한다. 본 연구는 각각의 자전거 사고유형에 해당하는 설명변수만을 분석하였으나 향후에는 연령, 피해자 인적요인 등에 따른 그룹별 분석이 이루어져야 한다.

셋째, 자전거 사고예방을 위한 관련 연구의 지속성이다. 본 연구결과는 자전거 이용자의 안전을 위한 초기 연구에 불과하다. 향후 자전거 교통사고 저감방안 또는 자전거 주행환경 개선방안과 같은 대책수립에 관한 연구가 계속적으로 수행된다면 자전거가 대체이동수단으로서의 매우 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 도로교통안전관리공단, 통계분석, 2007
 통계청홈페이지(www.nso.go.kr)
- 노용호 외. 1998, "도시 자전거 이용시설 정비계획의 문제점과 개선방안", 대한교통학회논문집, 대한교통학회, pp. 52-61.
- 손영대 외. 2002, "자전거 교통류의 기본 특성에 관한 실험 연구", 대한교통학회논문집, 대한교통학회, 제 20권, 제4호, pp. 19-26.
- 오창수 외. 1999, "자전거도로의 시설기준에 관한 연구", 1999년 학술발표회의 논문집, 대한교통학회, pp. 275-280.
- 이재영 외. 1998, "자전거 관련 연구의 세계적 동향과 전망", 1998년도 학술발표회 논문집, 대한교통학회, pp. 216-225.
- 이병주 외. 2001, "자전거 이용자의 행태 분석 및 선택 행동 LISREL모형", 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제21권 제1D호, pp. 13-22.
- 황정훈·김갑수. 2005, "자전거 주행환경 개선방안의 평



- 가에 관한 연구”, 대한교통학회논문집, 대한교통학회, 제23권, 제8호, pp. 203-213.
- Andy H. Lee et al. 2002, “Modeling young driver motor vehicle crashes: data with extra zeros”, *Acci. Anal. and Prev.* 34 : 515-521.
- Brown, R.L.et al. 2002, “All-Terrain Vehicle and Bicycle Crashes in Children: Epidemiology and Comparison of Injury Severity”, *Journal of pediatric surgery*, Vol 37, No3, pp375-380
- Doherty, S.T., Aultaman-Hall, L. and Swaynos, J, 2000, “Commuter Cyclist Accident Patterns in Toronto and Ottawa”, *Journal of Transportation Engineering*, Vol.126, No.1, January /February, pp. 21-26
- Hoque, M. 1990, “An Analysis of Fatal Bicycle Accidents in Victoria(Australia) with A Special reference to Nighttime Accidents”, *Acci. Anal. and Prev.* Vol.22, pp1-11
- Maddala, G.S. 1983, “Limited-Dependent and Qualitative variables in Econometrics”, *Cambrige University Press*
- Roders, G.B. 1995, “Bicyclist Deaths and Fatality Risk Patterns”, *Acci. Anal. and Prev.* Vol. 27, No.2, pp.215-223
- Rasanen, M and Summala, H. 1998, “Attention and Expectation Problems in Bicycle-Car Collisions : An In-Depth Study”, *Acci. Anal. and Prev.* Vol. 30, No. 5, pp. 657-666
- Wang, Y. and Nihan, N.L. 2004, “Estimating the Risk of Collisions Between Bicycles and motor vehicles at Signalized Intersections”, *Acci. Anal. and Prev.*, Vol. 36, pp. 313-321.

접 수 일: 2008. 6. 18

심 사 일: 2008. 7. 8

심사완료일: 2008. 8. 27