

## 4지 신호교차로의 측면접촉사고 특성 및 사고모형

- 청주시를 사례로 -

### Characteristics and Models of the Side-swipe Accident in the Case of Cheongju 4-legged Signalized Intersections

박 상 혁 Park, Sang Hyuk  
 김 태 영 Kim, Tae Young  
 박 병 호 Park, Byung Ho

비회원 · 용마엔지니어링 사원 · 주저자 (E-mail : psh1207@gmail.com)  
 비회원 · 충북대학교 도시공학과 박사수로 · 공저자 (E-mail : sunmoonwind@nate.com)  
 정회원 · 충북대학교 도시공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : bhpark@chungbuk.ac.kr)

#### ABSTRACT

This study deals with the side-swipe accidents of 4-legged signalized intersections in Cheongju. The objectives are to analyze the characteristics of the accidents and to develop the related models. In pursuing the above, this study gives particular emphasis to finding the appropriate methodology to modelling. The main results are as follows. First, injuries were analyzed to be twice than property-only accidents in the side-swipe accidents. The accidents were evaluated to occur more in inside-intersection. Also, the accidents were analyzed to be almost the auto-related accidents and to be occurred by the unsafely-driving activity. Second, multiple linear regression models were evaluated to be more statistically significant than multiple non-linear. The most fitted models were analyzed to be the models with the number of accidents as the dependent variable. The factors of side-swipe accidents analyzed in this study were ADT, area of intersection, right-turn-only-lane, number of pedestrian crossings, limited speed of main road, maximum grade and number of signal phase.

#### KEYWORDS

accident model, signalized intersection, multiple linear and non-linear regression, correlation analysis, side-swipe accidents

#### 요지

본 연구는 청주시 4지 신호교차로의 측면접촉사고를 다루고 있다. 연구의 목적은 측면접촉사고의 특성을 분석하고 관련모형을 개발하는데 있다. 이를 위해 이 연구에서는 적절한 모형의 방법론을 찾는 데 중점을 두고 있다. 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 측면접촉 사고에서 부상사고는 물피사고의 약 2배 이상으로 교차로 내에서 사고가 가장 많이 일어나는 것으로 평가되었다. 아울러 측면접촉 사고는 대부분 승용차 관련 사고이며, 안전운행 불이행으로 인한 것으로 분석되었다. 둘째, 다중선형회귀모형이 다중비선형회귀모형보다 통계적으로 유의한 것으로 평가되었다. 또한 최적 모형은 종속변수가 사고건수인 모형으로 분석되었다. 본 연구에서 분석된 측면접촉사고의 요인은 교통량(ADT), 교차로 면적, 우회전 전용차로, 횡단보도 수, 주도로 제한속도, 최대종단경사 및 현시 수이다.

#### 핵심용어

사고모형, 신호교차로, 다중선형 및 비선형회귀분석, 상관분석, 측면접촉사고

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

교차로에서 발생한 사고유형은 차대사람사고, 정면충돌사고, 추돌사고, 접촉사고, 측면직각충돌사고, 고정물체사고,

전복사고 등 14가지 유형으로 구분할 수 있다.

이 중 측면접촉사고는 가장 일반적인 사고유형으로 후미추돌사고 다음으로 많이 발생하고 있다. 측면접촉사고는 일반적으로 사고의 피해정도가 경미한 사고라 생각할 수 있지만,

청주시의 경우 측면접촉사고는 부상사고가 물피사고보다 약 2배(부상사고 207건, 물피사고 100건) 발생하여 사고의 심각도가 매우 높다.<sup>1)</sup> 따라서 이에 대한 방지대책이 시급하다고 할 수 있다.

그러나 사고유형을 구분하여 도로환경요인과의 관계를 설명하고, 사고모형을 개발하는 연구는 부족한 실정이다. 더구나 측면접촉사고에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구는 교차로에서 발생한 사고 중 측면접촉사고를 다루고 있다. 연구의 목적은 측면접촉사고 특성을 분석하고, 다중선형과 비선형회귀분석을 이용하여 사고모형을 개발하여, 사고에 영향을 주는 사고요인을 파악하는데 있다.

## 1.2. 연구의 내용 및 방법

연구의 대상지역은 청주시 4지 신호교차로 143개소이며, 사고자료는 도로교통공단의 2004년도 사고통계자료이다. 자료의 정리 및 분석에는 엑셀과 SPSS 12.0을 이용한다.

본 연구의 방법은 다음과 같다.

첫째, 선행 연구들을 고찰함으로써 최근의 연구동향을 파악하고 이를 검토한다.

둘째, 수집된 자료에 대한 기술통계를 분석하여 자료를 검토하고 특성을 파악하며, 관련변수를 선정한다.

셋째, 수집된 자료를 바탕으로 측면접촉사고의 유형을 구분하고, 사고특성을 분석한다.

넷째, 다중선형과 비선형 회귀분석을 이용, 사고모형을 개발하여 사고요인을 파악하고, 이를 비교·분석한다.

마지막으로, 분석된 결과를 정리하고 향후 연구 과제를 제시한다. 본 연구의 수행과정은 그림 1과 같다.

## 2. 선행연구 동향

### 2.1. 측면접촉사고 관련 연구동향

김정수(2001)는 총 사고수와 후미충돌사고 수, 측면접촉사고 수의 3가지 지표에 대한 수량화 이론 I 류에 의한 영향도를 분석하였다. 그는 차로 폭의 경우 3.5m가 넘으면 안전한 요인으로, 신호주기의 경우 150초가 초과할 경우 위험한 요인으로, 좌회전 차로수의 경우 교차로 전체의 좌회전 차로수가 4~5개의 경우에 위험한 요인으로 작용한다고 주장한다.

1) 건설교통부(2002.10), "사고 잦은 곳 개선사업 업무편람 작성연구", p.133  
 - 사망사고 : 교통사고가 주원인이 되어 사고 발생시로부터 30일 이내에 사망자가 발생한 사고를 말함. (1999년까지는 72시간내 사망)  
 - 부상사고 : 교통사고가 주원인이 되어 3주 이상의 치료를 요하는 부상자가 발생한 「중상사고」와 5일 이상 3주미만의 치료를 요하는 부상자가 발생한 「경상사고」, 그리고 5일 미만의 치료를 요하는 부상자가 발생한 「부상신고사고」를 통틀어 말함.  
 - 물피사고 : 교통사고로 인하여 사고당사자의 손상은 늘지만 물적인 피해를 수반한 사고를 말함.

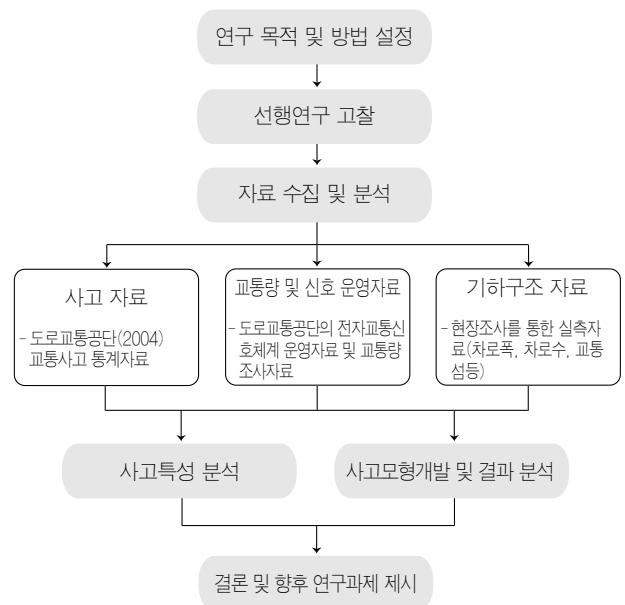


그림 1. 연구의 수행과정도

또한 교통사고 잠재원인으로 황색신호 시작 후 정지선을 통과하였으나 교차로내에서 정지한 차량과 후미추돌 및 측면접촉사고와 높은 양의 상관을 가지고 있다. 아울러 그는 교차로 내에서 정지(정차, 주차포함)한 차량과 유입부 사고수 및 후미충돌사고수, 측면충돌사고수와 높은 상관성이 있는 것으로 설명하고 있다.

Hoong Chor Chin(2003)은 좌회전 차량이 교통류에 합류하는 통제되지 않은 차로에서 측면접촉사고가 증가한다고 분석하고 있다. 그 이유는 통제되지 않은 차로는 교통류에 합류할 수 있는 좀 더 많은 기회가 있기 때문이라고 그는 설명한다.

Bhagwant N. Persaud 등(2004)은 지방지역 2차로 도로에서 대향차로 교통흐름을 분리하기 위한 중앙분리대 같은 물리적인 조치가 사고방지에 매우 중요하다고 지적하고 있다. 이 조치가 없으면, 중앙선 침범사고, 대향차량과의 측면접촉사고가 빈번히 발생하고 있고, 특히 대향차량과의 측면접촉사고는 심각사고로 이어지기 때문이다.

Mohamed Abdel-Aty와 Joanne Keller(2005)는 신호교차로에서 부상사고의 심각성에 영향을 주는 요인을 기술하고 있으며, 순서형 프로빗 모형을 이용하여 사고심각도를 설명하고 있다. 모형개발 결과, 그들은 측면접촉사고는 모형에서의 계수값을 가지고 있어 다소 낮은 사고심각성을 보이고 있다고 설명하고 있다.

Li-Yen Chang과 Hsiu-Wen Wang(2006)은 태국의 2001년 사고자료로 CART(classification and regression tree) 모형을 이용하여 부상심각도, 운전자/차량 특성, 도로/환경 요인 및 사고변수 간의 관계를 설명하고 있다. 가장 중

요한 변수 차종이며, 분석대상 사고유형 중 측면접촉사고는 8,435건으로, 이중 사망사고는 20건, 부상사고는 4,894건, 물피사고는 3,521건이었다.

## 2.2. 사고모형관련 연구동향

이일병·임현정(1992)은 부산시 사고자료를 이용하여 예측모형을 개발한 바 있다. 모형의 개발에는 다중회귀분석, 시계열 ARIMA 모형, 로지스틱 곡선 모형 등이 이용되었다. 이중 로지스틱 곡선 모형은 사망사고와 부상사고 예측에 가장 의미 있는 모형이라 설명하고 있다.

하태준 등(2001)은 광주광역시 4지 신호교차로 73개소에서 발생한 교통사고자료를 바탕으로 단순통계분석, 교차분석 및 다중회귀분석을 사용하여 교통사고 예측모형을 도출하였다. 또한 그들은 예측모형을 이용하여 전라남도 4지 신호교차로에 대한 교통사고 잦은 지점으로 선정된 30개소를 선택하여 모형을 검증하였다.

박정순 등(2007)은 청주시 신호교차로를 대상으로 상관분석 및 다중회귀분석을 이용하여 사고예측모형을 개발한 바 있다. 교통사고건수의 경우엔 ADT 등 5개의 변수( $R^2=0.612$ )이고, 교통사고율(MEV)의 경우 교차로면적 등 5개 변수( $R^2=0.304$ ), EPDO의 경우는 ADT, 주도로 평균차로폭, 상향중단경사, 제한속도 차 등 4개 변수( $R^2=0.559$ )가 주요 요인으로 분석하고 있다.

박병호·박상혁(2007)은 청주시 4지 신호교차로에서 발생한 측면직각충돌사고의 특성을 분석하고, 음이항 회귀분석을 이용하여 사고모형을 개발하였다. 과산포 검정을 통하여 자료에 적합한 음이항 회귀분석을 이용하였으며, 4가지 모형을 구축하여 분석하였다.

Xuedong Yan 등(2005)은 플로리다 주교통부의 2001년 사고 자료를 이용하여 후미추돌사고와 운전자 특성, 도로환경 및 차량 유형으로 구분된 일련의 잠재적인 사고 요인과 관계를 조사하고 설명하였다. 통계분석에는 이항 로지스틱 분석과 다항로지스틱 분석을 이용하였다.

## 2.3. 기존연구와의 차별성

선행 연구들을 고찰한 결과, 다수의 연구들은 사고유형별(후미추돌, 측면직각 등)로 사고특성을 분석하고 모형을 개발하였으나, 측면접촉사고만을 구분하여 분석한 연구는 매우 부족하다. 또한 대부분의 선행연구들은 사고건수나 EPDO를 종속변수로 사용하여 모형을 개발하였으며, 아직까지는 사고율과 EPDO 사고율을 종속변수로 하여 분석한 연구는 미비한 실정이다.

본 연구는 사고유형 중 측면접촉사고만(후미추돌과 측면직각 연구는 이루어지고 있음 : 박병호 등(2007), 박정순 등

(2007), Xuedong Yan 등(2005))을 다루고 있다는 것이 특징이다. 또한 대부분의 연구들과 달리 4가지 종속변수(사고건수, 사고율, EPDO 및 EPDO 사고율)를 사용하며, 전수화된 청주시 자료를 사용한다는 점이 다른 연구들과 차별된다 고 할 수 있다.

## 3. 분석방법 설정

### 3.1. 자료수집 및 분석

연구대상인 청주시 4지 신호교차로 143개소 중 111개소의 교차로는 측면접촉사고가 발생한 지점이며, 32개소의 교차로는 무사고 지점이다. 사고자료는 도로교통공단의 2004년도 사고통계자료이며, 교통량 및 신호체계 운영자료는 도로교통공단의 2004년도 청주시 전자교통신호체계 운영자료 및 교통량 조사자료이다.

기하구조와 도로환경 요인은 현장조사를 통하여 실측한 자료이며, 대상 교차로의 접근로별로 사진을 촬영하여 전체적인 교차로의 상황을 파악한다.

수집된 자료는 분석에 용이하도록 엑셀을 이용하여 정리한다. 자료분포의 중심을 나타내는 중심경향값 등 자료의 검정과 특성을 파악하기 위해 기술통계 분석을 실시한다. 기술통계의 결과 값은 표 1과 같다.

### 3.2. 특성분석

#### 3.2.1. 측면접촉사고의 사고유형 구분

측면접촉사고는 일반적으로 유입·유출부에서 동일방향 또는 반대방향(대향차량)으로 진행 중 발생하는 사고와 교차로 내에서 회전으로 인한 사고로 구분할 수 있다. 이러한 측면접촉사고는 그림 2와 같이 9가지의 유형으로 세분할 수 있다. 이러한 사고들을 모두 측면접촉사고에 포함하여 분석된다. 여기에서 청주시 자료는 방법론을 정립하기 위한 기초자료로 활용된다.

#### 3.2.2. 측면접촉사고의 특성 분석

청주시에서 발생한 측면접촉사고는 부상사고 207건(67.4%)과 물피사고 100건(32.6%)으로 총 307건이다. 부상사고가 물피사고의 2배 이상으로 사고의 심각성을 보여주고 있다.

사고내용을 시간대, 기상상태, 노면상태, 사고차종 등으로 구분하여 분석한 결과는 표 2와 같다. 표에 나타나듯이 주간(133건)보다는 야간(174건)에 사고가 더 많고, 맑은 날(268건)에 대부분의 사고가 발생하고 있다. 또한 도로 노면이 건조한 상태(274건)에서 사고가 많이 발생한다.<sup>2)</sup>

2) 도로교통공단 사고통계자료에서는 주간을 07:00~18:00, 야간을 18:00~07:00로 구분하고 있다.

표 1. 자료의 기술통계 분석 결과

구 분	사고 건수	사고율	EPDO	EPDO 사고율	교통량	평균 차로수	평균 차로폭	교차로 면적	좌회전 전용차로	우회전 전용차로	교통섬	횡단 보도수	주도로 제한속도
N	유효	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
	결측	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
평균	2.147	0.120	5.098	0.286	47,307.53	1.942	3.402	1,324.707	2.021	0.790	0.867	3.462	56.294
평균의 표준오차	0.187	0.009	0.470	0.025	1,524.95	0.037	0.023	24.845	0.110	0.103	0.112	0.071	0.760
중위수	1.581	0.097	3.432	0.250	46,287.00	1.933	3.335	1,290.075	1.954	0.495	0.505	3.583	55.748
최빈값	1.000	0.000	0.000	0.000	47,009.80	2.000	3.275	926.750	2.000	0.000	0.000	4.000	60.000
표준편차	2.236	0.113	5.625	0.294	18,235.78	0.437	0.272	297.106	1.319	1.227	1.333	0.846	9.091
분산	4.999	0.013	31.638	0.087	332,543,754.55	0.191	0.074	88,271.878	1.739	1.505	1.778	0.715	82.646
왜도	1.669	1.370	1.804	1.756	0.56	0.256	0.955	0.782	0.447	1.523	1.331	-1.756	0.407
왜도의 표준오차	0.203	0.203	0.203	0.203	0.20	0.203	0.203	0.203	0.203	0.203	0.203	0.203	0.203
첨도	3.453	2.328	4.380	4.735	0.26	-0.047	0.534	1.088	0.245	1.262	0.466	2.886	2.281
첨도의 표준오차	0.403	0.403	0.403	0.403	0.40	0.403	0.403	0.403	0.403	0.403	0.403	0.403	0.403
범위	12.000	0.595	32.000	1.784	95,618.10	2.000	1.325	1,614.790	6.000	4.000	4.000	4.000	50.000
최소값	0.000	0.000	0.000	0.000	12,857.50	1.000	2.925	739.590	0.000	0.000	0.000	0.000	30.000
최대값	12.000	0.595	32.000	1.784	108,475.60	3.000	4.250	2,354.380	6.000	4.000	4.000	4.000	80.000
합 계	307	17.186	729	40.852	6,764,977.10	277.750	486.438	189,433.1	289	113	124	495	805

주 : 기술통계 분석에서는 17개의 독립변수 중 9개의 독립변수만을 표기.

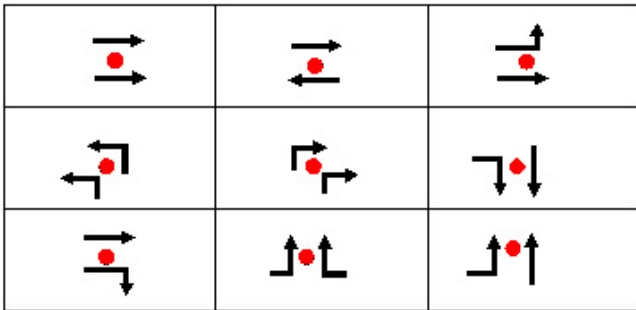


그림 2. 측면접촉사고의 유형 구분

표 2. 측면직각사고의 사고특성

구 분	구 분	부상 사고	물피 사고	계	비율(%)
시간대	1. 주간	87	46	133	43.3
	2. 야간	120	54	174	56.7
기상상태	1. 맑음	178	90	268	87.3
	2. 흐림	10	4	14	4.6
	3. 비	17	6	23	7.5
	4. 눈	2	0	2	0.7
	5. 안개	0	0	0	0.0
	6. 기타	0	0	0	0.0
노면상태	1. 건조	183	91	274	89.3
	2. 습기	24	6	30	9.8
	3. 결빙	0	2	2	0.7
	4. 적설	0	1	1	0.3
	5. 기타	0	0	0	0.0

<표 계속>

사고위치	1. 유입부	39	29	68	22.1
	2. 유출부	31	27	58	18.9
	3. 횡단보도	22	10	32	10.4
	4. 교차로내	114	33	147	47.9
	5. 교차로기타	1	1	2	0.7
사고차종 (제1당사자 기준)	1. 승용차	147	56	203	66.1
	2. 택시	1	0	1	0.3
	3. 버스	4	2	6	2.0
	4. 봉고	12	9	21	6.8
	5. 이륜	8	4	12	3.9
	6. 트럭(소)	26	13	39	12.7
	7. 트럭(중)	4	1	5	1.6
	8. 트럭(대)	2	1	3	1.0
	9. 기타	3	14	17	5.5
사고원인 (제1당사자 기준)	1. 신호, 통행, 일시정지 위반	83	34	117	38.1
	2. 중앙선 침범	10	6	16	5.2
	3. 파속	0	1	1	0.3
	4. 보행자 보호위반	5	2	7	2.3
	5. 안전거리 미확보	2	0	2	0.7
	6. 교차로 운행방법 위반	1	2	3	1.0
	7. 차로위반	1	1	2	0.7
	8. 음주	17	6	23	7.5
	9. 안전운전 불이행	86	48	134	43.6
	10. 기타	2	0	2	0.7
진행방향 (제1당사자 기준)	1. 직진	106	55	161	52.4
	2. 우회전	20	9	29	9.4

<표 계속>

진행방향 (제1당사자 기준)	3. 좌회전	52	22	74	24.1	
	4. 유턴	9	3	12	3.9	
	5. 후진	3	2	5	1.6	
	6. 앞지르기	1	0	1	0.3	
	7. 급정지중	0	0	0	0.0	
	8. 정지	2	0	2	0.7	
	9. 주, 정차중	0	1	1	0.3	
	10. 차로변경 중	9	8	17	5.5	
	11. 출발중	2	0	2	0.7	
	12. 기타 보행자	3	0	3	1.0	
	기 타	1. 뺑소니	15	8	23	7.5
		2. 무면허	1	1	2	0.7
계		207	100	307	100	

주 : 사망사고는 발생하지 않았으므로 표에서 제외.

사고가 발생한 위치로는 교차로내 사고(147건)가 가장 많고, 유입부(39건), 유출부(31건) 순이다. 승용차의 사고(203건)가 대부분이고, 트럭의 사고(소, 중, 대 포함 47건)도 많이 발생한다.

안전운전 불이행(134건)과 신호, 통행, 일시정지 위반(117건)이 가장 큰 사고원인이고, 음주로 인한 사고도 23건이다. 이는 안전교육과 범규위반 및 음주에 대한 대책이 시급함을 나타내고 있다.

사고당시의 진행방향을 분석한 결과, 직진(161건) 사고가 가장 많고, 좌회전(74건), 우회전(29건)에도 많이 발생한다. 뺑소니 사고는 23건(7.5%)이며, 무면허 사고도 2건이다.

## 4. 특성분석 및 모형개발

### 4.1. 변수의 선정

#### 4.1.1. 종속변수 선정

종속변수는 측면접촉사고건수(건), 백만진입차량당 사고율(MEV), 대물피해사고 환산법(EPDO) 및 백만진입차량당 EPDO사고율을 선정하고, 그 내용은 표 3과 같다.

표 3. 선정된 종속변수

번호	종속변수	기호	정 의	평균	범 위
1	총 사고 건수	$Y_1$	교차로에서 발생한 교통사고 건수(건)	2.15	0~12
2	사고율 (MEV)	$Y_2$	백만진입차량당 사고율 $MEV = \frac{\text{교통사고발생건수} \times 10^6}{ADT \times 365}$	0.12	0~0.60
3	EPDO	$Y_3$	대물피해환산법 (사망사고×12+ 부상사고×3+ 물적피해; 부상사고의 치명도에 따라 가중치 부여)	5.10	0~32
4	EPDO 사고율	$Y_4$	백만진입차량당 EPDO 사고율 $EPDO \text{ 사고율} = \frac{EPDO \times 10^6}{ADT \times 365}$	0.29	0~1.78

### 4.1.2. 독립변수 선정

본 연구에서는 기존 연구된 문헌들을 통해 적절한 독립변수를 파악하고, 현장조사를 실시하여 실측이 가능한 변수를 추출하였다. 청주시 4지 신호교차로에서 발생한 측면접촉사고에 영향을 주는 요인으로 선택된 변수는 표 4와 같다. 이는 여러 독립변수 중에서 상관성이 높은 요인을 선정하여 재정리한 것이다.

표 4. 선정된 독립변수

번호	독립변수	기호	정 의	평균	범 위
1	일평균 교통량(ADT)	$X_1$	첨두시간 교통량×일평균 보정계수(=13.9) <sup>3)</sup>	47,307.5	12,857~108,475
2	평균차로수	$X_2$	접근로별 차로수의 평균(개)	1.9	1~3
3	평균차로폭	$X_3$	접근로별 차로폭의 평균(m)	3.4	2.9~4.3
4	교차로면적	$X_4$	횡단보도를 포함한 교차로 면적 (m <sup>2</sup> )	1,324.7	739.6~2,354.4
5	좌회전 전용차로	$X_5$	접근로별 좌회전 전용차로의 합(개)	2.0	0~6
6	우회전 전용차로	$X_6$	접근로별 우회전 전용차로의 합(개)	0.8	0~4
7	교통섬	$X_7$	접근로별 교통섬의 합계(개)	0.9	0~4
8	횡단보도 수	$X_8$	접근로별 횡단보도의 합계(개)	3.5	0~4
9	주도로 제한속도	$X_9$	주도로의 제한속도 (km/h)	56.3	30~80
10	부도로 제한속도	$X_{10}$	부도로의 제한속도 (km/h)	47.3	30~70
11	최대 종단경사	$X_{11}$	접근로별 경사(상향, 하향) 중 최대종단경사 (%)	1.7	0~8.6
12	교차각	$X_{12}$	교차로가 이루는 각 (°)	77.6	21~90
13	이중정지선 수	$X_{13}$	이중정지선의 수(개)	0.3	0~4
14	유턴	$X_{14}$	접근로별 유턴차로 합(개)	1.0	0~4
15	버스 정류장 수	$X_{15}$	접근로별 버스 정류장의 개수(개)	0.6	0~4
16	현시수	$X_{16}$	교차로의 신호현시(현시)	4.2	2~6
17	평균황색 신호시간	$X_{17}$	황색신호시간의 평균(초)	3.8	0.8~5

### 4.2. 모형개발 및 결과분석

3) 이두희(2005), "횡단보도 보행자의 동태적 행위관련 안전예측모형 개발", 대한토목학회논문집 제25권 제3호, pp.439-445, 평균값 사용.

### 4.2.1. 변수의 상관분석

사고모형의 개발을 위해 우선 변수간의 상관관계를 신뢰수준 90%( $\alpha=0.10$ )로 분석한다. 독립변수  $X_i$ 는 교통량, 차로수, 차로폭, 교차로면적 등이며, 종속변수  $Y_j$ 는 사고건수, 사고율, EPDO 및 EPDO 사고율이다.

분석 결과, 사고건수( $Y_1$ )와 EPDO( $Y_3$ )에 영향을 주는 변수는 교통량( $X_1$ ), 차로 수( $X_2$ ), 차로 폭( $X_3$ ), 교차로면적( $X_4$ ), 좌·우회전 전용차로( $X_5, X_6$ ), 교통섬( $X_7$ ), 횡단보도수( $X_8$ ), 주·부도로의 제한속도( $X_9, X_{10}$ ), 유턴차로 수( $X_{14}$ ), 현시 수( $X_{16}$ ) 및 평균 황색신호시간( $X_{17}$ )이다.

사고율( $Y_2$ )과 EPDO 사고율( $Y_4$ )에는 차로 수( $X_2$ ), 차로 폭( $X_3$ ), 교차로 면적( $X_4$ ), 좌·우회전 전용차로( $X_5, X_6$ ), 횡단보도 수( $X_8$ ) 및 유턴차로 수( $X_{14}$ )가 관련되는 것으로 분석된다.

4가지의 종속변수와 모두 관련이 있는 공통변수는 차로 수( $X_2$ ), 차로 폭( $X_3$ ), 교차로 면적( $X_4$ ), 좌·우회전 전용차로( $X_5, X_6$ ), 횡단보도 수( $X_8$ ), 유턴차로 수( $X_{14}$ )이다.

이를 통하여 변수의 상관관계를 분석해 보면, 교통량과 차로수가 많고, 교차로 면적이 넓을수록 측면접촉사고가 증가하고, 차로 폭이 넓을수록 사고는 감소한다. 또한 주도로·부도로 제한속도가 클수록 사고가 증가하고, 유턴차로 수가 많고, 평균 황색신호시간이 길수록 측면접촉사고는 증가한다.

### 4.2.2. 모형개발

본 연구에서는 다중선형회귀분석과 다중비선형회귀분석을 이용하여 사고모형을 개발한다. 통계 패키지 프로그램인 SPSS 12.0을 이용하며, 단계선택방식(stepwise)으로 분석하여 사고모형을 개발한다. 모형의 검증은  $t$ 값,  $R^2$  및  $F$ 값을 이용한다. 2가지 분석방법을 이용하여 추정된 모형은 표 5 및 표 6과 같다.<sup>4)</sup>

### 4.2.3. 결과분석

다중회귀분석을 통하여 4가지 종속변수별로 측면접촉사고의 모형을 개발한 결과, 변수의 부호와 값은 모두 통계적으로 유의하며, 모형의 적합도를 설명하는  $R^2$ 의 값은 사고건수 모형이 0.415로 가장 높은 것으로 분석된다. 사고요인은 교통량(ADT), 교차로면적, 우회전전용차로 및 횡단보도 수이다.

4) 본 연구에서는 포아송회귀분석과 음이항회귀분석을 이용하여 모형을 개발하려고 하였으나, 그 결과 값이 통계적으로 의미가 없음을 나타내고 있어 제외하였다. 두 가지 분석을 모두 실시하였으며, 과분산계수(dispersion parameter)값을 분석한 결과, 자료의 특성상 음이항회귀분석이 적합하였다. 그러나, 모형의 적합도를 설명하는  $\rho^2$ 값과  $t$ 값이 통계적으로 의미가 없는 결과를 보이고 있었다. 사고건수는  $\rho^2=0.003$ , 사고율은  $\rho^2=0.44$ , EPDO는  $\rho^2=0.18$ , EPDO 사고율은  $\rho^2=0.69$ 이다. 사고율과 EPDO 사고율은  $\rho^2$ 값은 좋은 결과치를 보이고 있으나  $t$ 값이 상당히 좋지 않은 값을 보이고 있어, 통계적으로 의미가 없는 결과로 분석되었다.

표 5. 다중선형회귀분석을 통해 추정된 모형

종속변수	모형식	$R^2$
사고건수 ( $Y_1$ )	$Y_1 = -4.086 + 4.010E - 05X_1 + 0.002X_4 + 0.287X_6 + 0.378X_8$ (-4.636) (3.578) (2.998) (2.265) (2.118)	0.415
사고율 ( $Y_2$ )	$Y_2 = -0.110 + 0.067X_2 + 0.029X_8$ (-2.068) (3.237) (2.721)	0.121
EPDO ( $Y_3$ )	$Y_3 = -7.089 + 7.483E - 05X_1 + 0.006X_4 + 0.729X_6$ (-3.929) (2.547) (3.264) (2.408)	0.345
EPDO 사고율 ( $Y_4$ )	$Y_4 = -0.267 + 0.00025X_4 + 0.064X_8$ (-1.932) (3.158) (2.278)	0.106

주 : ( ) 값은  $t$  값임.

표 6. 다중비선형회귀분석을 통해 추정된 모형

종속변수	모형식	$R^2$
사고건수 ( $Y_1$ )	$Y_1 = e^{-5.632} \cdot X_1^{0.440} \cdot \exp(0.001X_4 + 0.131X_8)$ (-3.584) (2.754) (3.656) (2.246)	0.314
사고율 ( $Y_2$ )	$Y_2 = e^{-0.896} \cdot \exp(0.162X_{11} + 0.232X_{16})$ (-2.068) (3.237) (2.721)	0.085
EPDO ( $Y_3$ )	$Y_3 = e^{-6.015} \cdot X_1^{0.622} \cdot \exp(0.001X_4 + 0.0180X_9)$ (-2.627) (2.556) (3.581) (-1.999)	0.251
EPDO 사고율 ( $Y_4$ )	$Y_4 = e^{-0.491} \cdot \exp(0.122X_{11} + 0.168X_{16})$ (-1.348) (2.610) (-2.037)	0.071

주 : ( ) 값은  $t$  값임.

이를 분석하면, 교통량이 많고 교차로 면적이 넓을수록 사고가 증가하고, 우회전전용차로와 횡단보도가 많으면 사고가 증가함을 알 수 있다. 측면접촉사고는 교차로 내에서 약 50%정도 발생하였으며, 이 결과는 추정된 모형에서 교차로 면적이 사고요인으로 선택된 결과를 잘 설명하고 있다.

우회전 전용차로의 경우 법적 수준의 테이퍼 길이를 확보하지 못하고 있거나, 혹은 불법 주·정차 차량으로 인한 진로 방해 등에 측면접촉사고의 원인이 있다고 할 수 있다.

또한 횡단보도의 경우, 차량의 직진 신호와 횡단보도의 신호가 동시에 점등됨에 따라 우회전차량은 일시 정지해야 하므로, 이로 인하여 발생한 측면접촉사고라 판단된다.

다중선형을 통하여 추정된 모형에서는 사고건수 모형의 값이 가장 좋은 결과를 보이고 있다. 또한 사고율 모형과 EPDO 사고율 모형의 값은 모두 유의하지만,  $R^2$  값은 각각 0.085, 0.071로 통계적으로 의미가 없는 것으로 분석된다. 이 모형에서 사고요인은 교통량, 교차로면적, 횡단보도 수, 주도로 제한속도, 최대중단경사 및 현시수이다. 이는 교통량이 많고, 교차로 면적이 넓고, 횡단보도의 수가 많을수록 사고가 증가함을 나타낸다.

다중선형과 다중비선형 모형을 비교·분석한 결과, 다중선형의 4가지 모형이 모두 비선형보다 좋은 결과를 보이고 있다. 가장 좋은 결과는 두 분석 방법 모두 사고건수 모형으로

분석된다. 그러나 사고요인은 다중비선형 모형이 좀 더 다양한 변수를 포함하고 있음을 알 수 있다.

### 4.3. 모형검증

모형의  $R^2$ 만으로 두 모형의 적합성을 비교 설명하기에는 어려움이 많다. 따라서 예측결과와 실제 관측자료와의 오차 분포 특성을 분석할 수 있는 평균제곱근오차(RMSE : root mean square error)을 이용한 검증이 요구된다. 널리 이용되는 측정법인 RMSE의 산정식은 다음과 같다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i (t_i - T_i)^2}{N}}$$

여기서,  $t_i$ 는 모형에 의해 예측된 자료,  $T_i$ 는 실제 관측된 자료,  $N$ 은 종속변수의 수를 나타낸다. 위의 산정식에서 나타난 것과 같이, RMSE는 모형별로 예측된 자료의 실제 관측 자료에 대한 평균적 이탈정도를 나타낸 것이다.

표 7에 나타난 모형의 검증 결과를 살펴보면, 다중선형의 4가지 모형이 모두 다중비선형보다 오차가 훨씬 더 작으므로 분석되었다.

표 7. 모형별 RSME 검증 결과

구분	사고건수	사고율	EPDO	EPDO 사고율
선형	1.70	0.11	4.54	0.28
비선형	1.79	0.17	4.78	0.33

## 5. 결론

본 연구에서는 청주시 4지 신호교차로에서 발생한 측면접촉사고에 대하여 도로환경요인이 미치는 영향과 그 특성을 분석하고, 다중선형과 비선형 회귀분석을 이용하여 사고모형을 개발하였다. 주요 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 사고특성을 분석한 결과, 측면접촉사고는 부상사고 207건(67.4%)과 물피사고 100(32.6%)건으로 총 307건이며, 부상사고가 물피사고의 2배 이상 발생하여 사고의 심각성을 보여주고 있다. 교차로 내에서 발생한 사고(147건)가 가장 많고, 승용차의 사고(203건)가 대부분이며, 안전운전 불이행(134건)과 신호, 통행, 일시정지 위반(117건)이 가장 큰 사고원인이다.

둘째, 다중선형의 4가지 모형이 모두 다중비선형보다 좋은 결과를 보이며, 가장 좋은 결과는 두 방법 모두 사고건수 모형으로  $R^2$  값이 각각 0.415, 0.314로 분석된다.

마지막으로 사고요인은 교통량(ADT), 교차로 면적, 우회

전 전용차로, 횡단보도 수, 주도로 제한속도, 최대종단경사 및 현시수이다. 이는 교통량이 많고 교차로 면적이 넓을수록, 우회전전용차로와 횡단보도 수가 많을수록 사고가 증가함을 나타내고 있다. 이 결과는 청주시에서 발생한 측면접촉사고에 도로환경이 미치는 영향을 잘 설명하고 있다.

측면접촉사고를 줄이기 위한 대책으로 교차로 진입 주도로와 보조도로의 제한속도를 낮추거나, 교차로 내 횡단보도를 육교나 지하도 등으로 대체, 혹은 우회전 전용차로의 테이퍼 길이를 충분히 확보하는 방안 등이 요구된다.

본 연구는 도로환경요인만을 고려하였다는 점에서 한계가 있다. 향후 사회·경제적 요인, 인적 요인 등을 반영한 연구, 측면접촉사고의 상세 유형별 연구, 후미추돌, 측면직각 등의 사고모형과 비교·분석 등의 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

### 참고 문헌

- 김정수(2001), "대도시 교차로의 교통사고 영향요인분석에 관한 연구", 영남대학교 박사학위 논문.
- 박병호, 박상혁(2007), "음이항회귀분석에 의한 측면직각충돌사고모형", 대한국도·도시계획학회 대전·충청지회 2007 추계학술대회, 발간예정
- 박정순, 김태영, 유두선(2007), "도로환경요인과 교통사고의 상관분석 및 사고추정모형개발", 대한교통학회지 제 25권 제2호 pp.63~72.
- 이일병, 임현정(1992), "부산시 교통사고예측모형의 개발", 대한교통학회지 제10권 제3호, pp.103~122.
- 하태준, 강정규, 박제진(2001), "신호교차로 교통사고 예측모형의 개발 및 적용", 대한교통학회지 제19권 제6호, pp.207~218.
- Bhagwant N. Persaud, Richard A. Retting and Craig A. Lyon(2004), "Crash reduction following installation of centerline rumble strips on rural two-lane roads", *Accident Analysis and Prevention* 36, 1073~1079.
- Douglas R. Kennedy, P.E., Kristine and M. Taylor(2005), "Estimating roundabout performance using delay and conflict opportunity crash prediction", *National Roundabout conference 2005 DRAFT*.
- Hoong Chor Chin and Mohammed Abdul Quddus(2003), "Applying the random effect negative binomial model to examine traffic accident occurrence at signalized intersections", *Accident Analysis and Prevention* 35, 253~259.
- Li-Yen Chang and Hsiu-Wen Wang(2006), "Analysis of traffic injury severity: An application of non-parametric classification tree techniques", *Accident Analysis and Prevention* 38, 1019~1027.
- Mohamed Abdel-Aty and Joanne Keller(2005), "Exploring the overall and specific crash severity levels at signalized intersections", *Accident Analysis and Prevention* 37, 417~425.
- Xuedong Yan, Essam Radwan and Mohamed Abdel-Aty(2005) "Characteristics of rear-end accidents at signalized intersections using multiple logistic regression model", *Accident Analysis & prevention* 37, pp.35~46.

접 수 일 : 2009. 5. 25  
 심 사 일 : 2009. 5. 27  
 심사완료일 : 2009. 11. 24