

로짓모형을 활용한 고속도로 인적피해에 영향을 주는 요인분석

The Analysis of Factors affecting Expressway Accident Involving Human Injuries using Logit Model

서 임 기*
(Im-Ki, Seo)

이 기 영**
(Ki-Young, Lee)

이 성 관***
(Seong-Kwan, Lee)

박 제 진****
(Je-Jin, Park)

요 약

고속도로 교통사고는 타 도로에 비해 고속주행으로 인한 사고피해가 클 수 밖에 없으며, 특히 인적피해는 사회적인 큰 문제가 되고 있다. 본 논문에서는 고속도로 사고 중, 인적피해가 발생한 사고와 그렇지 않은 사고에 대한 사고 특성의 차이점을 규명하고자 하였다. 이를 위해 로지스틱 회귀모형을 활용하여, 두 사고 유형에 영향을 주는 사고 요인들을 찾아내었다. 분석 결과, 도로선형이 직선이고 방호울타리가 존재하며, 남성, 비고령자일 경우 운전자 과실 및 과속으로 인해 인적 사고로 이어질 가능성이 높았으며, 이에 대한 대비가 필요할 것으로 판단된다. 본 연구결과를 토대로, 인적피해가 발생한 사고와 이와 연관된 주요 설명 인자들을 찾아냄으로써 고속도로 안전정책 수립에 중요한 시사점을 찾아낼 수 있을 것이다.

핵심용어 : 교통사고, 고속도로, 인적피해, 로짓모형, 사고 요인

Abstract

Expressway traffic accident is fatal accident by high speed, especially human injury is a great social issue. This paper aims to identify characteristic differences of highway accidents that involve human injuries or not. To analysis the elements that affect the two types of accidents used the logistic regression model. The analysis showed that human injury accident rate is increased in case of straight road, flat, or cut-slope areas, barriers, male driver, and older driver. These results provide the ground for actions to counter the problems. By discovering factors for accidents leading to fatality, this study can provide important implications for authorities that establish highway safety measures and policies in preventing human injuries or deaths from car accidents.

Key words : traffic accidents, Expressways, Human Injuries, logit monet, accident factor

1. 서 론

세계적으로 도로의 안전성을 평가하는 척도로

사고 수 보다는 인적피해인 사망자수를 선정하고 있다. 특히, 인적피해가 동반되지 않고 대물피해만 발생하는 미미한 교통사고는 공식적으로 집계되지

* 주저자 : 한국도로공사 도로교통연구원 박사후연수자

** 공저자 : 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원

*** 공저자 : 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원

**** 공저자 및 교신저자 : 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원

† 논문접수일 : 2012년 5월 11일

† 논문심사일 : 2012년 6월 12일

† 게재확정일 : 2012년 6월 12일

않는 경우도 많다.

따라서 인적피해가 안전에 대한 주요 평가척도로 사용되는 시점에서, 사고피해가 큰 고속도로에서의 인적피해 사고특성을 분석해 보는 것은 큰 의미가 있을 것이다.

고속도로 교통사고는 다른 도로의 교통사고에 비해 인적피해 심각도가 높은 편이다. 2009년도 교통사고 1,000건 당 사망자수를 보면, 고속도로가 105명인데 비해, 국도는 46명으로 2배 이상의 차이가 발생하고 있다.

이러한 현상은 국도에 비해 고속도로가 고급화된 도로로서 선형조건이 좋아 고속으로 주행하기 때문에, 일단 사고가 발생하면 대형사고로 이어지는 경향이 크기 때문이다.

본 연구에서는 고속도로 상에서 인적피해가 발생한 사고와 그렇지 않은 사고가 어떠한 요인에 의해서 결정되는지를 알아보기 위해 수행하였다. 즉, 교통사고와 관련이 있는 운전자, 차량, 도로환경 등의 주요 요인들이 인적피해가 발생한 사고에 어느 정도 연관성이 있는지를 규명하고자 한다.

이를 위해, 2008년 한 해 동안 한국도로공사 관리하는 고속도로에서 발생한 전체 교통사고 자료를 바탕으로 분석해 보고자 한다.

2008년에 발생한 고속도로 교통사고 2,037건(사고발생시 현장 및 인적요인 조사가 불확실한 사고건수 412건은 제외) 중, 인적피해가 수반된 사고(명목척도 : 1)와 그렇지 않은 사고(명목척도 : 0)를 더미(Dummy)화하여 종속변수로 하고, 여러 사고요인과의 관계를 규명하기 위해 로짓모형(Logit model)을 활용한다.

연구수행의 가장 큰 특징은 사고를 다수 유발하는 요인과 인적피해가 포함된 피해가 큰 사고를 유발하는 인자와는 서로 같거나 다른 의미를 가질 수도 있다는 점이다.

예를 들어 Abishani Polus(1988)가 제시한 연구 결과를 보면, 평면곡선이 있는 구간은 직선구간에 비해 사고율이 4배가 높게 나타나는데, 그렇다고 곡선구간이 인적피해를 동반한 사고확률에 있어서도 높게 나타나는지 검토해 볼 필요가 있다[1]. 추후

연구결과에서 설명하겠지만, 직선구간에서 발생한 교통사고가 사고발생시 인적피해를 동반할 확률이 더 높은 것으로 나타났다.

본 연구를 통해 사고의 양적 측면이 아닌, 사고피해의 심각도가 높은 사고들이 어떠한 조건에서 더 발생하는지를 살펴볼 필요가 있다고 판단된다.

따라서 본 연구결과를 토대로 인적피해가 발생한 사고와 이와 연관된 주요 설명인자들을 찾아냄으로써, 인적피해를 최소화하기 위한 고속도로 안전정책을 수립하는데 활용이 가능할 것이다. 또한 이는 단순히 교통사고 발생건수를 감소하는 정책과는 또 다른 관점으로 접근해야 할 것이다.

II. 기존 문헌 고찰

교통사고 원인을 규명하기 위한 연구들은 오래 전부터 지속적으로 수행되어 왔으며, 다양한 관점에서 교통사고에 영향을 미치는 요인들에 대한 분석이 이루어졌다.

우리나라에서 고속도로 사고를 대상으로 한 연구의 경우 대부분 진출입 램프와 트럼펫 인터체인지의 사고예측모형 개발, 그리고 사고심각도와 고령운전자 사고특성 등의 연구들이다. 국내 교통사고와 관련된 연구들을 살펴보면 다음과 같다.

박효신(2007), 김태영(2007)은 고속도로의 트럼펫 인터체인지 상에서 일어나는 교통사고 빈도를 이용하여 교통사고에 미치는 영향요인 및 도로 기하구조 특성별 분석을 수행하였다[2, 3].

이주연(2008)은 일반국도에서 발생한 교통사고와 관련된 도로 기하구조, 운전자 행태, 차종, 날씨 등 직·간접적인 영향 요인을 이용하여 구조방정식을 구축함으로써 도로 및 환경요인이 교통사고와 관련성이 있음을 제시하였다[4].

박준태(2009)는 고령운전자들의 고속도로 사고심각도를 평가하였으며, 비고령층에 비해 곡선구간, 절토구간, 노면의 습윤상태일 때 고령운전자의 사고위험이 높음을 규명하였다[5].

국외의 교통사고와 관련된 연구는 피해강도에 따라 다양한 설명변수들을 이용한 사고특성을 파악

하는 연구들이 이루어지고 있다.

Kelvin K. W. Yau(2004)은 홍콩의 사고자료를 이용하여 사고발생시 부상에 미치는 영향을 분석하였으며, 승용차, 도로 폭, 운전자의 성별, 차량의 연식, 사고발생 시간대 및 도로조명 등이 부상에 대한 심각도 결정 요인임을 제시하였다[6].

Yan, Randwan 등(2005)은 운전자의 특성, 도로환경 및 차량으로 구분된 일련의 잠재적인 사고요인과 후미추돌사고와의 관계를 규명하였다[7].

Bhagman Persaud(2000)은 도로의 직선부와 곡선부에 대한 구간분할을 통해 곡선부의 사고율에 대한 사고빈도가 높음을 증명하였다[8].

NHTSA(1990)의 보고에 따르면 전체 사고의 약 2/3가 주간시간대에 발생하고 있지만 사망사고는 45%가 주간에 발생하는 것으로 분석하고 있다. 즉, 사망사고는 주간보다 야간에 약 3배 가량 높게 발생하고 있음을 규명하였다[9].

기존 문헌을 고찰해 보면, 우리나라의 경우는 국도 및 고속도로 Ramp 구간에서의 사고발생 빈도를 종속으로 한 연구들이 주로 이루어지고 있지만, 외국에서는 인적피해에 영향을 주는 교통사고 요인분석에 대한 연구가 많이 선행되고 있다. 즉, 국내는 사고의 양적 측면, 국외는 질적 측면에 초점을 두어 연구가 수행되고 있다. 따라서 본 연구는 사고발생 빈도에 영향을 주는 인자보다는, 사고가 발생한 경우에 있어 사고심각도에 어떠한 인자가 영향을 주는지에 대한 검증이 필요하다고 판단된다. 또한, 국내의 기존 연구는 대부분 국도 및 지방도를 중심으로 한 연구들이 이루어지고 있으며, 고속도로를 중심으로 한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 로짓모형을 통해 인적피해에 영향을 미치는 요인이 무엇인지를 파악하는 것이 필요하며, 기존 연구와 차별화가 충분할 것으로 판단된다.

Ⅲ. 인적피해 발생사고 특성 분석

1. 사고현황

2008년도 도로유형별로 사고 1,000건 당 사망자수를

비교해 보면, <표 1>와 같이 고속도로 사망자수는 일반국도나 지방도에 비해 2배가 높고, 일반도로에 비해서는 4~7배 정도가 높게 나타나고 있다. 이는 평균적으로 사고가 발생할 경우, 타 도로보다 최소 2배 이상의 사망자가 발생하고 있음을 나타낸다.

<표 1> 교통사고 1,000건 당 사망자수

구분	고속도로	일반국도	지방도	특별·광역시도	시, 군도
2008년	113.30	49.47	48.87	14.67	23.31

고속도로 관리기관인 한국도로공사에서는 교통사고 발생시 인적, 대물, 사고 관련 차량 수 등을 고려한 사고등급(A~D급)별 관리기준을 수립하여 <표 2>과 같이 관리하고 있다.

<표 2> 교통사고 관리현황

구분	기준
A등급	· 사망 3명 이상 · 피해액 1천만원 이상 · 부상 20명 이상 · 관련차량 10대 이상
B등급	· 사망 1명 이상 · 피해액 250만원 이상 · 부상 5명 이상 · 관련차량 5대 이상
C등급	· 사망 0명 이상 · 피해액 30만원 이상 · 부상 1명 이상 · 관련차량 3대 이상
D등급	· 그 외의 사고

2008년에 발생한 고속도로 교통사고는 총 2,449건이며, 사고발생시 현장 및 인적요인 조사가 불확실한 사고건수는 412건으로 이를 제외한 사고건수는 총 2,037건으로 나타났다. 따라서 2,037건 중 인적피해가 발생한 교통사고건수는 612건 30.0%로 인적·물적 피해로 인한 사회적 손실이 발생되고 있다. 또한, 2008년도 인적피해는 “한국도로공사 고속도로 교통사고 통계, 2009”에 의하면 사망 265명, 부상 955명, 총 1,220명이 교통사고로 인한 인적피해가 발생하고 있다[10].

교통사고 심각도는 대부분 사고등급에 의해 구분하고 있지만, 인적피해가 발생하지 않았을 경우에도 안전시설물 및 사고차량의 수리비 등 관련기준의 피해액에 따라 구분된다. 이로 인해 도로에서

발생한 교통사고가 심각한 수준이 아님에도 불구하고 상위등급에 포함될 수 있다. 따라서 고속도로에서 발생한 교통사고가 어떠한 등급기준(A~C급)에 의해서 분류되었는지를 분석하였다. 그 결과, <표 3>와 같이 인적피해로 인해 등급기준에 포함된 사고는 A등급은 9건 중 3건, B등급은 260건 중 209건, C등급은 1,768건 중 369건으로 분석되었다. 인적피해로 인한 사고등급은 전체 교통사고 중 28.5%에 해당되며, 대부분 피해액에 의해서 분류되고 있음을 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 사고 심각도를 1명 이상 부상사고가 발생한 인적피해 사고와 그렇지 않은 사고로 분류하여 분석하고자 한다.

<표 3> 고속도로 사상사고 현황
(단위 : 건수)

구 분	관련기준	인적피해 발생사고
A등급 (9건)	·사 망	3
	·부 상	0
	·관련차량	1
	·피 해 액	5
B등급 (260건)	·사 망	201
	·부 상	8
	·관련차량	6
	·피 해 액	45
C등급 (1,768건)	·사 망	0
	·부 상	369
	·관련차량	61
	·피 해 액	1,338
합 계	2037건	612건

2. 사고특성 분석

2008년 교통사고 2,037건을 대상으로 인적피해 사고(612건)와 그렇지 않은 사고군(1,425건)을 나누었다. 여기서 인적피해 사고의 판단기준은 1명 이상의 부상 또는 사망자가 포함된 사고를 말한다.

먼저, 교통사고 발생요인에 따른 인적피해 정도를 살펴 볼 필요가 있다. 교통사고 요인은 크게 운전자 과실(졸음, 핸들과대조작, 주시태만, 안전거리 미확보), 과속, 기타(차량결함 등)로 구분할 수 있다.

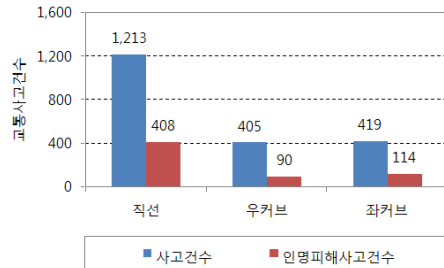
<표 4>를 살펴보면, 운전자 요인에 의해서 발생한 교통사고 비율이 1,422건(69.8%)으로 대부분 운전자에 의한 교통사고가 많이 발생되고 있었다. 즉,

운전자 요인에 의한 사고 발생시 인적피해가 높다는 것을 나타내주고 있다.

<표 4> 사고요인별 교통사고 현황

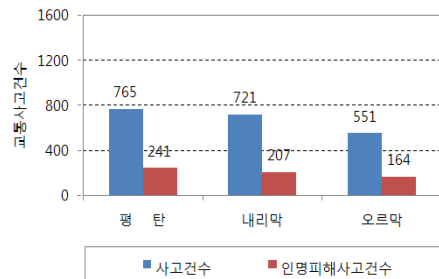
구 분	전체 사고건수		인적피해 사고건수	
	빈도	비율(%)	빈도	비율(%)
운전자요인	1,422	69.8	362	59.2
과 속	414	20.3	105	17.2
기 타	201	9.9	145	23.6
합 계	2,037	100.0	612	100.0

고속도로 평면선형 구분을 통한 교통사고와의 관계를 규명하는데 기하구조 자료 판별의 어려움이 존재하여, 교통사고 속보자료를 활용한 인적피해 사고 발생여부를 비교하였다. 그 결과, <그림 1>과 같이 직선 이든 곡선이든 사고유형이 크게 다르지는 않았으나, 직선구간에서 많은 교통사고가 발생함을 알 수 있다.



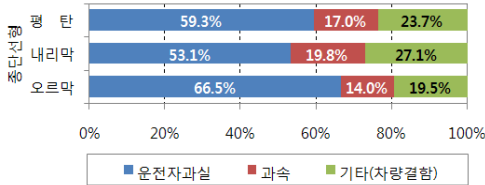
<그림 1> 평면선형별 교통사고 비교

중단선형의 경우는 중단경사가 없는 상태에서의 사고빈도가 높았으며, 내리막구간이 오르막구간보다 사고율이 높은 것으로 분석되었다.



<그림 2> 중단선형별 교통사고 비교

다만 사고요인별로 이를 세분화해서 살펴보면, 내리막구간의 경우 과속에 의한 사고비율이 다른 선형조건보다 매우 높게 나타남을 알 수 있다.

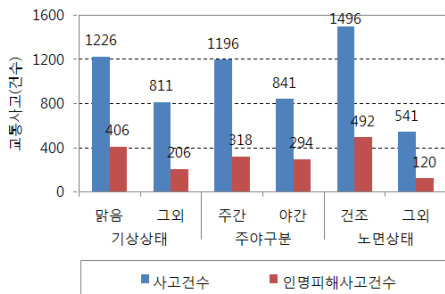


〈그림 3〉 종단 선형별 인적피해 사고유형 비교

도로환경 측면에서 두 교통사고 군에 대한 특성을 비교해 보고자 한다. 즉, 기상상태, 주야, 노면상태로 구분하여 그 특성을 비교하였다.

기상상태에 있어서는 맑은 날이 다른 날씨에 비해 인적피해 사고비율이 높았다. 여기서 맑은 날에 발생한 사고가 높은 것은 사실이나, 1년 중 대부분이 맑은 날씨이므로 오히려 이상기후 시 사고가 더 발생한다고 볼 수 있다. 하지만, 교통사고 발생 시 사상사고 발생확률은 맑은 날이 더 큰 것으로 해석할 수 있다.

주야 구분과 노면상태에 있어서는 인적피해 사고와 그렇지 않은 사고의 유형이 크게 다르지는 않았으며, 노면상태가 건조한 주간에 교통사고 및 인적피해 사고가 많이 발생함을 알 수 있다.



〈그림 4〉 교통환경 요인별 교통사고 유형 비교

3. 사고요인 추출 및 검증

모형구축에 적용 가능한 설명변수를 인적피해 사고와 그렇지 않은 사고로 분리하여, 평균치 검증

을 통해 그 차이가 존재하는지를 검증해 보고자 한다. 이를 통해 로짓모형 구축 시 채택 가능한 변수들을 사전 점검해 볼 수 있을 것이다.

먼저 설명변수 별로 사고발생 시 인적피해가 있는지 여부를 통해 자료를 두 개의 군으로 나누어, 더미변수로 처리하여 분석해 보고자 한다. 사고와 관련된 종속변수는 사고원인, 도로요인, 환경요인, 인적요인 등으로 나누어 각각 분석하였다.

설명변수를 자세히 살펴보면, 사고원인은 운전자 과실, 과속, 기타 등 3개, 도로요인은 포장, 평면선형, 종단선형, 절성토 구간여부(이하 “절성토 구간”이라 한다), 중앙분리대 방호시설, 갓길 방호시설 등 6개, 환경요인은 기상상태, 주야, 날씨 등 3개, 운전자 요인은 성별, 나이, 안전벨트 착용 등 3개의 변수를 고려하였다.

고속도로 인적피해 사고와 그렇지 않은 사고를 구분지을 수 있는 주요 설명요인을 찾아내기 위해서, 각 설명변수 별로 평균치 검정(t-test)을 수행하였으며, 신뢰도 99% 수준에서 판단한 결과는 <표 5>과 같다.

사고원인의 경우, 운전자 과실과 과속에 의한 사고요인에 따라 사상사고 발생여부에 평균치에 차이가 존재하는 것으로 나타났다.

도로요인의 경우를 살펴보면, 평면선형 중 직선 구간과 우커브 구간에 대해 차이가 발생하였으며, 절토와 성토구간 여부에서는 절토구간에 있어 사상사고의 차이가 있는 것으로 나타났다.

방호시설에 대한 부분은 중앙분리대 설치 여부, 갓길 가드레일 설치여부에 따라 사상사고 유무에 대한 차이가 존재하였다. 이는 주행속도가 높은 고속도로 상에서 정면충돌 및 차로이탈 사고를 방지하기 위해 대부분의 구간에 방호울타리가 설치되어 있어 방호시설이 설치되지 않은 구간보다 인적피해 사고가 많은 것으로 해석할 수 있다.

환경요인의 경우, 기상상태, 주야구분, 노면상태 등이 변수처리 여부에 따라 사상사고 발생에 차이를 주는 것으로 나타났다. 즉 도로환경 조건이 사상사고에 상당한 영향을 주는 것으로 판단된다.

인적요인은 안전벨트 착용여부가 사상사고 발생여

〈표 5〉 교통사고 인적피해에 따른 평균치(t-test) 검정

Variables		Description	Mean	S.D	t-value	
사고원인	운전자 과실	0:otherwise	0.5081	0.5001	-3.34**	
		1:운전자 과실	0.5888	0.4925		
	과속	0:otherwise	0.2572	0.4373	-4.15**	
		1:과속	0.1727	0.3783		
(차량결합)	기타	0:otherwise	0.2347	0.4239	0.19	
		1:차량결합	0.2385	0.4265		
도로요인	포장구분	0:otherwise	0.5781	0.494	0.78	
		1:콘크리트	0.5604	0.4967		
	평면선형	직선	0:otherwise	0.6118	0.4875	-3.07**
			1:직선	0.6798	0.4669	
		우커브	0:otherwise	0.1971	0.3979	3.40**
			1:우커브	0.1405	0.3478	
	좌커브	0:otherwise	0.1911	0.3933	0.64	
		1:좌커브	0.1798	0.3843		
	중단선형	평탄	0:otherwise	0.434	0.4958	0.55
			1:평탄	0.4215	0.4942	
		내리막	0:otherwise	0.3207	0.4669	-0.05
			1:내리막	0.3218	0.4675	
오르막	0:otherwise	0.2453	0.4304	-0.57		
	1:오르막	0.2568	0.4372			
질성토구분	평지	0:otherwise	0.1603	0.367	0.47	
		1:평지	0.1526	0.3598		
	성토	0:otherwise	0.5148	0.4999	-0.08	
		1:성토	0.5166	0.5001		
	절토	0:otherwise	0.1838	0.3875	-3.87**	
		1:절토	0.2553	0.4364		
방호시설	중분대	0:무	0.8608	0.3463	-5.20**	
		1:유	0.929	0.257		
	(갓길)	0:무	0.7245	0.4469	-4.17**	
		1:유	0.8036	0.3976		
환경요인	기상상태	0:otherwise	0.5919	0.4916	-2.88**	
		1:맑음	0.6556	0.4755		
	주야구분	0:야간	0.6203	0.4855	4.00**	
		1:주간	0.5302	0.4995		
노면상태	0:otherwise	0.7257	0.4463	-3.42**		
	1:건조	0.7915	0.4065			
인적요인	성별	0:여성	0.8891	0.3141	-0.25	
		1:남성	0.8927	0.3097		
	연령	0:otherwise	0.044	0.2052	-0.76	
		1:60세이상	0.0514	0.2209		
안전벨트	0:미착용	0.0018	0.0425	-281.00**		
	1:착용	0.9924	0.0866			

** : 신뢰수준 99%에서 유의

부를 결정하는데 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

이러한 평균치 검증은 추후 구축할 사상사고 발생모형에 채택 가능한 변수들을 사전 점검하고자 하는 의미도 내포되어 있다.

이를 통해 나온 결과를 토대로, 사상사고 유무와 이와 관련된 설명변수들을 조합하여 로짓모형을 개발하고자 한다.

IV. 모형 구축 및 해석

1. 로짓 모형 개요

선택주체는 몇 가지 한정된 대안 중에서 한 가지 대안을 선택하게 된다. 이 때 대안선택의 결과를 나타내는 지표를 “질적 종속변수” 또는 “이산적 선택변수”라고 한다. 선택대안이 두 가지만 있는 이분적 선택의 경우에는 질적 종속변수는 오직 두 가지 값만 갖게 된다. 일반적으로 어떤 대안이 선택되면 1이라는 값을, 선택되지 않으면 0이라는 값을 부여한다.

로짓모형은 개인 혹은 의사결정단위들이 주어진 선택대안들 중에서 어느 하나를 선택할 때 그의 효용을 극대화하도록 하는 것이다. 즉, 효용극대화 원리에 의하여 선택행위를 한다는 데 근거하고 있다. 만약 개인 q 가 선택할 수 있는 대안들이 i, j 가 주어지고, 개인 q 가 그 중에서 대안 i 를 선택했다면 $U_i > U_j$ 이기 때문에 i 를 선택한다고 볼 수 있다. 단, 여기서 U_i 는 q 가 i 를 선택함으로써 얻는 효용을 나타낸다.

여기서 효용함수는 다음과 같이 두 부분으로 나누어진다고 가정할 수 있으며 식(1)과 같다.

$$U_i = V_i + \epsilon_i \quad (1)$$

여기서 U_i : 선택대안 i 를 선택할 때의 효용

V_i : 대표적 효용(representative utility)

ϵ_i : 확률적 효용(random component of utility)

즉, 선택대안이 i, j 중 대안 i 를 선택한 개인 q 의 효용은 다음과 같이 나타낼 수 있게 된다.

$$P(i) = P(U_{iq} > U_{jq})_{(j \neq i)} \quad (2)$$

$$P(i) = P(V_{iq} + \epsilon_{iq} > V_{jq} + \epsilon_{jq})_{(j \neq i)}$$

$$P(i) = P(V_{iq} - V_{jq} > \epsilon_{jq} - \epsilon_{iq})_{(j \neq i)}$$

여기서, q 가 대안 i 를 선택할 확률을 보면,

$P_{iq} = P [\epsilon_{jq} < V_{iq} - V_{jq} + \epsilon_{iq} (j \neq i)]$ 이고, ϵ_{iq} 가 와이불 (Weibull) 확률분포를 이룬다고 가정하여 정리하면 다음과 같은 로짓모형이 성립된다.

$$P_i = \frac{\exp U_i}{\sum_{j=1}^J \exp U_j} \quad (3)$$

여기서, j 는 선택가능한 대안의 수 $j=1,2,\dots,J$

즉, 로짓모형은 개인이 질적 선택행위에서 어느 한 사상을 선택할 확률과 개인이 가지고 있는 특성 변수의 관계가 로지스틱 누적분포함수로 주어진다 고 가정하는 모형이다.

로짓모형은 IIA(Independence of Irrelevant Alternative) 특성 등의 이론적 한계는 있지만, 함수형태가 간단하고, 계수 추정 등 조작성이 높기 때문에 교통수요 예측분야에서 널리 이용되고 있다.

본 모형에서 종속변수는 인적사고가 포함되지 않은 사고를 0으로, 포함된 사고를 1로 처리하여 명목척도 분류하였다. 또한 이러한 현상을 여러 교통 사고 요인과의 관계를 해석하는데 용이하다는 장점을 가지고 있다. 통상적으로 로짓모형은 로지스틱 회귀모형이라고도 한다.

식(3)을 더 단순화하면 1, 2의 두 대안이 존재할 경우, 대안 2에 설명변수를 대입하게 되면, $U_1=0$ 이고, $U_2 = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_px_p + b$ 로 표현된다. 따라서 대안 2를 선택할 확률은 식(4)와 같다.

$$P_2 = \frac{\exp(U_2)}{\exp(U_1) + \exp(U_2)} = \frac{\exp(U_2)}{1 + \exp(U_2)} \quad (4)$$

$$P_2 = \frac{\exp(a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_px_p + b)}{1 + \exp(a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_px_p + b)}$$

식(4)는 전형적인 로지스틱 회귀모형 형식이다. 구축된 로짓모형은 일반적으로 우도비(ρ^2 : Likelihood Ratio Index)를 이용하여 모형의 설명력을 판단할 수 있으며 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

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

이는 추정계수에 의해 우도비가 어느 정도 향상하는가를 표시하는 지표로서 0과 1의 사이의 값을 가지며, 일반적으로 0.2~0.4 사이의 값이면 상당히 양호하고 0.1 이상이 되면 대체적으로 설명력을 갖는다고 알려져 있다(남궁문, 성수련, 1997)[28].

2. 모형구축 결과

본 연구는 고속도로 교통사고 중 인적피해 발생 사고와 그렇지 않은 사고를 구분하는 영향 요인을 밝혀내기 위해, 사고원인, 기하구조 요인, 환경요인, 인적요인 등을 설명변수를 선정하여 이산선택 모형인 로짓모형을 구축하였다.

모형의 설명력을 살펴보기 위해, 여러 통계적 검증절차를 시행하였는데, 변수의 부호와 유의성 검증, 전체 모형의 설명력을 나타내는 우도비(ρ^2)를 통해 모형의 적합성을 판단하였다.

본 모형의 우도비는 0.145로 대체적으로 양호한 것으로 나타났고, 95% 이상의 신뢰성을 갖는 변수만으로 모형을 선정하였다. 이에 따라 채택된 변수는 운전자과실, 과속, 평면선형(직선), 주야구분, 방호울타리, 성별, 연령, 안전벨트 착용여부 요인이 유의수준 0.05에서 설명력이 있는 것으로 분석되었다.

선택된 개별 변수들을 대상으로 모형에서 채택된 이유는 다음과 같다.

첫째, 교통사고 발생요인 중에서 운전자 과실과 과속에 의한 사고가 사상사고 발생확률이 더 높음을 알 수 있었다. 여기서 운전자 과실이라 함은 졸음, 핸들과대조작, 주시태만 등을 말한다. 과속에 의한 요인은 다른 변수들의 설명에서도 계속 언급되어 질 것이다.

둘째, 도로요인으로는 직선 구간, 절토 구간, 방호울타리 설치 등이 인적피해 사고발생을 높이는 것으로 나타났다. 직선구간은 통상 주행속도가 높으며, 사고피해가 클 수밖에 없다. 앞에서 사고요인이 과속이라는 변수와 의미를 같이 하는 것으로 판단할 수 있다.

〈표 6〉 모형 구축 결과

변수명		계수값	t-value	p-value
상수		0.0840	0.8392	0.401
사고 발생 요인	운전자과실 - 운전자과실(1) - 아닐경우(0)	0.0797	2.4147	0.015*
	과속 - 과속(1) - 아닐경우(0)	0.1328	4.0383	0.000**
기하 구조 요인	직선 - 직선(1) - 아닐경우(0)	0.2470	5.2125	0.000**
	절토 - 절토(1) - 아닐경우(0)	0.0475	1.8431	0.065
	방호울타리(갓길) - 유(1) - 무(0)	0.0619	2.0865	0.037*
환경 요인	기상상태 - 맑음(1) - 아닐경우(0)	0.0412	1.2885	0.198
	주야 - 주간(1) - 야간(0)	-0.2173	-5.1717	0.000**
운전자 요인	성별 - 남자(1) - 여자(0)	0.2057	5.0976	0.000**
	연령 - 60세이상(1) - 60세미만(0)	-0.2281	-5.0248	0.000**
	안전벨트 - 착용(1) - 미착용(0)	-0.0749	-2.4659	0.014*

$L(0) = -1685.0408, \quad L(\beta) = -1440.6233$

$\rho^2 = 0.1450, \quad \bar{\rho}^2 = 0.1390$

* : 신뢰수준 95%에서 유의, ** : 신뢰수준 99%에서 유의

셋째, 환경요인으로는 기상상태의 경우 맑은 날, 주야간의 경우 야간에 사상사고 발생확률이 더 높은 것으로 나타났다. 통상 교통사고는 날씨가 좋지 않을 경우에 빈도가 높으나, 피해가 큰 사상사고의 경우는 주행속도가 높은 맑은 날씨에 발생하는 것으로 나타났다. 그리고 야간주행 시 시인성 저하로 인해 사상 사고 발생률이 높은 것으로 나타났다.

넷째, 인적요인으로는 성별, 연령, 안전벨트 착용 여부가 채택되었다. 성별의 경우 운전자가 남자일 경우 (+)의 영향을 나타내었고, 연령대가 높은 고령 자일수록 (-)영향을 주는 것으로 나타났다. 이는 운

전을 다소 공격적으로 시행하는 젊은 남자가 유발 하는 사고 피해가 큰 것임을 알 수 있다. 또한 안전 벨트의 경우 미착용시가 인적피해 발생확률이 높은 것으로 나타났다.

V. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 고속도로 교통사고 중 인적피해 가 발생한 사고와 그렇지 않은 사고를 명목척도화 하고, 이와 연관된 주요 사고 요인들과의 관계를 규 명하기 위한 모형을 구축하였다.

로지스틱 모형을 토대로 개발되었으며, 사고발생 시 인적피해를 동반할 확률이 높아지게 하는 주요 요인을 정리해 보면, 운전자 과실, 과속과 같은 사 고원인, 평면선형 형태, 절토구간 여부, 갓길 방호 울타리 설치여부와 같은 기하구조 요인, 기상 상태, 주야 구분과 같은 환경 요인, 성별, 연령, 안전벨트 와 같은 인적요인이 채택되었다.

본 모형의 결과를 토대로 정책적 시사점을 도출 하면 다음과 같다.

기존 연구에도 많이 알려져 있듯이 교통사고의 주요원인은 운전자 과실과 과속에 의해서 인적피해 가 높은 것으로 분석되었다. 따라서 운전자들의 방 어적 도로주행을 유도하기 위한 지도와 단속이 필 요한 것으로 판단된다.

통상 기존 문헌을 보면, 도로상황이 좋지 않은 상태에서 사고가 발생하는 것으로 분석되어 있지 만, 본 연구결과로 보면 인적피해가 포함된 큰 피해 의 사고의 경우 반드시 그렇지 않다는 결론은 내 릴 수 있다.

대표적인 예로써 도로선형이 직선인 경우, 즉 선 형이 좋은 상태에서 사상사고 발생확률이 더 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 선형이 좋은 구간 에서는 주행속도가 상대적으로 높아 사고발생 빈도는 낮더라도, 만약 교통사고가 발생한다면 그 피해는 큰 사고로 이어짐을 단적으로 설명해 주고 있다.

또 하나의 예는 맑은 날씨가 비와 눈과 같은 기 상악화시보다도 사상사고가 발생할 확률이 높다는 점이다. 이 역시 주행속도가 상대적으로 높은 낮에

사고피해가 더 큰 것으로 분석할 수 있다.

갓길에 방호울타리가 설치되어 있는 경우에 인적피해사고가 발생할 가능성이 높게 나타났다. 이는 가드레일의 강성이 높아 운전자에게 충격을 가하든지, 아니면 방호능력이 낮아 도로를 이탈하여 추락하는 경우로 인한 것인지를 정밀히 검토해 볼 필요가 있다.

또 다른 시사점은 젊은 남성이 공격적인 운전성향으로 인해 인적피해 유발할 가능성이 높은 것으로 나타나, 이들에 대한 안전 교육이 필요한 것으로 분석되었다.

본 연구에서 가장 중요한 점은 일반적으로 사고빈도를 유발하는 주요 요인과 사고발생시 인적피해가 동반을 유발하는 주요 요인은 같을 수도 있지만, 그 의미를 반대로 나타내는 경우도 있다는 점이다. 즉 사고빈도를 줄이면 인적피해가 줄어든다는 등식보다는 각각 별도의 맞춤형 안전 대책의 수립이 필요함을 입증하였다.

또한, 본 연구에서는 전체적으로 과속주행과 연관된 변수가 많이 채택되어, 인적사고 감소를 위해서는 과속운전을 예방하는 안전대책 및 정책적 지원이 필요하다. 즉, 과속운전 저감을 위한 안전대책으로는 본선구간에 구간과속단속카메라와 연결로 구간의 속도감속 유도노면표시 등을 설치하고, 운전자의 경각심 유도를 위한 홍보 및 교육을 범국가적으로 지향해야 할 것으로 판단된다.

본 논문에서는 고속도로에서 발생하는 심각한 사고유형을 인적피해가 동반된 사고라는 인식하에, 이에 영향을 주는 다양한 요인을 발굴하여 제시하였다.

제시된 연구결과에 따라 도출된 시사점들은 향후 고속도로 안전대책을 수립하는데 있어 중요한 판단 지표로 활용이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Abishani Polus and Ronald W. Eck, "Operational and Economic Considerations in An Evaluation of Geometric Design Alternatives", *Transportation Research Record 1122*. pp.12-17, 1988
- [2] 박효신, 손봉수, 김형진, "고속도로 인터체인지 연결로에서의 교통사고 예측모형 개발", *대한교통학회*, 제25권, 제3호, pp.123-135, 2007.
- [3] 김태영, 박병호, "트럼펫 IC 램프의 운전조건과 교통사고분석", *대한교통학회지*, 제25권, 제1호, 대한교통학회, pp.73-79, 2007.
- [4] 이주연, 정진혁, 손봉수, "구조방정식모형을 이용한 고속도로 교통사고 심각도 분석", *대한교통학회*, 제26권, 제2호, pp.17-24, 2008.
- [5] 박준태, 김용석, 이수범, "로짓모형을 이용한 고령운전자 고속도로 교통사고 특성 분석 연구", *한국도로학회논문집*, 제11권, 4호, pp.1-7, 2009.
- [6] Kelvin K., W. Yau, "Risk factors affecting the severity of single vehicle traffic accidents in Hong Kong", *Accident Analysis and Prevention 36*, pp.333-340. 2004.
- [7] Yan X, Randwan E, and Abdel-Aty M, "Characteristics of rear-end accidents at signalized intersections using multiple logistic regression model", *Accident Analysis&Prevention 37*, pp.35-46. 2005.
- [8] Bhagman Persaud, Richard A, Retting and Craig Lyon, "Guidelines for Identification of Hazardous Highway Curves", *Transportation Research Record 1717*. pp.14-18. 2000.
- [9] National Highway Traffic Safety Administration, *Fatal Accident Reporting System*, 1990
- [10] 한국도로공사, "고속도로 교통사고 통계", 한국도로공사, 2009
- [11] 남궁문, 성수련 "알기쉬운 비집계분석", 명보문화사, 1997

저자소개



서 임 기 (Seo, Im-Ki)

2005년 2월 : 원광대학교 토목환경공학과(공학사)
2007년 2월 : 원광대학교 토목환경공학과 도로/교통공학 전공(공학석사)
2010년 2월 : 원광대학교 토목환경공학과 도로/교통공학 전공(공학박사)
2010년 5월 ~ 현 재 : 한국도로공사 도로교통연구원 박사후연수자



이 기 영 (Lee, Ki-Young)

1993년 2월 : 한양대학교 교통공학과(공학사)
1995년 2월 : 한양대학교 교통공학과 교통계획 전공(공학석사)
2006년 2월 : 한양대학교 교통공학과 안전/교통공학 전공(공학박사)
1995년 3월 ~ 현 재 : 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원



이 성 관 (Lee, Seong-Kwan)

1996년 2월 : 서울대학교 토목공학과 학사(공학사)
1998년 2월 : 서울대학교 대학원 토목공학과(공학석사)
2008년 5월 : University of Illinois at Urbana-Champaign(공학박사)
1998년 3월 ~ 현 재 : 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원



박 제 진 (Park, Je-Jin)

1996년 2월 : 조선대학교 토목공학과(공학사)
1999년 2월 : 전남대학교 토목공학과 도로/교통공학 전공(공학석사)
2003년 2월 : 전남대학교 토목공학과 도로/교통공학 전공(공학박사)
2003년 3월 ~ 2006년 1월 : 전남대학교 공업기술연구소 선임연구원
2006년 2월 ~ 2006년 9월 : 국토연구원 교통연구실 책임연구원
2006년 10월 ~ 현 재 : 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원