

# 속도를 이용한 고속도로 구간 사고율 예측 모형

Accident Rate Forecasting Model by Using Speed on Freeway

정은비

(한양대학교 교통공학과 석사과정)

오철

(한양대학교 교통공학과 교수)

## 목 차

- I. 서론
  - II. 기존문헌고찰
  - III. 자료수집 및 가공
  - IV. 모형수립과정
    - 1. 사고율 산출모형
    - 2. 모형수립
  - V. 결과분석 및 모형적용
    - 1. 결과분석
    - 2. 모형적용
  - VI. 결론
- 참고문헌

Key Words : 사고율, 속도, 표준편차, 선형회귀분석, 교통안전

Accident rate, Speed, Standard Deviation, Linear Regression, Traffic Safety

## 요 약

속도는 교통안전에 있어서 중요한 요소이며 교통사고와 밀접한 연관성이 있다. 국외의 속도변화와 사고위험 간 관계 관련 연구에서는 평균속도와 속도 표준편차가 증가하면 사고율도 증가한다고 제시하고 있지만, 국내 연구에서는 속도와 사고위험간의 관계 수립이 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 루프검지기 속도자료와 고속도로 사고 자료를 이용하여 속도를 이용한 고속도로 구간 사고율 예측모형을 개발하였다. 경부고속도로 2005~2009년의 5년간 천안~양재 양방향 총 22구간에서 발생한 486건의 사고자료와 구간별 루프검지기 자료를 기초로 분석을 수행하였다. 종속변수를 사고율로 설정하고, 중앙 집중화경향을 나타내는 값과, 변동성을 나타내는 값, 연평균 일 교통량, 구간길이 등을 통해 산출한 구간정보 변수를 독립변수 후보로 설정하였다. 통계적 분석을 통해 사고율에 직접적으로 영향을 미치는 변수를 설정한 결과 중앙값, 최소값, 표준편차를 독립변수로 설정하였다. 모형수립 결과 실제 사고율과 예측 사고율간의 높은 상관도를 보였다. 본 연구에서 개발한 모형은 속도변화에 의한 교통안전 위험도 분석에 효과적으로 사용되어 다양한 교통정책 및 운영관리전략·시행에 따른 교통안전 효과분석시 유용한 도구로서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

The speed is one of the significant factors affecting accident occurrence. In particular, freeway accidents are highly associated with the speed because vehicles travel on the freeway at higher speed leading to greater potential of severer injury. Efforts attempting to relating speed with accident occurrence have not been significantly made in Korea. The objective of this study is to model the relationship between speed and accident rate on freeways. Loop detector data and accident data obtained from a stretch of Kyungboo freeway during the recent five years, 2005-2009, were used to establish the model. Multiple linear regression analyses showed that median, minimum and standard deviation of speed were contributing variables in the model. The statistical significance identified by the analyses supports the feasibility of the model in evaluating various transportation policies and operations strategies in terms of traffic safety.

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2010-0029449).

## I. 서론

고속도로는 차량이 고속으로 주행하는 특성으로 인해 교통사고 발생시 대형 인명피해 및 이동성 저하 등 막대한 손실을 발생시킨다. 이러한 고속도로 교통사고를 감소시키기 위해 교통사고 원인분석 및 교통사고 예방을 위해 교통사고 예측모형 개발, 고속도로 안전진단 등에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 교통사고 예측모형 개발이나 고속도로 안전진단을 통해 여러 가지 교통개선 대책이 시행되고 있지만 그에 따른 효과는 장기간에 걸쳐 나타나기 때문에 단기간에 교통개선대책 효과를 평가하기는 쉽지 않다. 교통사고는 인적요인, 도로기하구조, 교통류, 환경적요인 등 복합적인 요인에 의해 발생된다. 교통류요인 중 속도는 교통안전에 있어서 중요한 요소이며 교통사고와 밀접한 연관성이 있다. 국외의 속도변화와 사고위험 간 관계 관련 연구에서는 평균속도와 속도 표준편차가 증가하면 사고율도 증가한다고 제시하고 있지만, 국내연구에서는 속도와 사고위험간의 관계 수립이 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 검지기 속도자료와 고속도로 사고 자료를 이용하여 속도를 이용한 고속도로 구간 사고율 예측모형을 수립하였다.

본 연구에서는 속도의 특성이 교통사고에 미치는 영향을 분석하기 위해 차량의 속도와 교통사고 발생간의 연관성을 중점적으로 검토하였다. 고속도로에서 발생하는 교통사고와 속도와의 관계를 도출하기 위해 2005~2009년 5년간의 경부고속도로 천안~양재 구간을 12개의 인터체인지를 기준으로 양방향 총 22구간으로 분류하였으며, 대상구간에서 발생한 차-시설, 차량단독, 추돌, 충돌 4가지 유형의 486건의 사고자료와 구간별 루프검지기 자료를 기초로 분석을 수행하였다. 구간별 속도의 중앙 집중화 경향(Central tendency)을 나타내는 평균, 중앙값, 최대값, 최소값, 85percentile, 15percentile의 값을 산출하였으며, 변동성(Variability)을 나타내는 표준편차, 변동계수(평균/표준편차), 최대값-최소값, 최대값-평균, 평균-최소값, 85percentile-15percentile을 산출하였다. 또한 연평균 일 교통량, 구간길이, 차로폭 등의 정보를 이용하여 구간정보를 나타내는 변수를 산출하여 사고율에 영향을 미치는 요인을 찾고 이를 이용하여 속도와 사고위험간의 관계를 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 교통사고 예측 및 속도변화와 사고위험의 관계와 관련된 기존연구 고찰을 수행하였고, 3장에서는 연구수행을 위한 자료수

집 및 처리과정에 관한 내용을 서술하였다. 4장에서는 모형 수립 과정 및 분석을 통해 속도와 사고율 모형을 제시하였고, 5장에서는 결과를 분석 하고 경부고속도로 제한속도 상향 효과분석에 모형을 적용하였으며, 6장에는 결론을 제시하였다.

## II. 기존문헌 고찰

본 연구에서는 교통사고예측 및 속도변화와 사고위험의 관계와 관련된 기존연구 고찰을 수행하였다.

### 1. 교통사고예측 관련 연구

오철 등(1999)은 고속도로의 기본구간, 터널구간, 영업소구간의 교통혼잡도(V/C)와 사고율의 관계를 비교·분석하였으며, 분석결과, V/C가 낮을 때 사고율이 가장 높게 나타나며, V/C가 증가함에 따라 사고율이 감소하다가 일정수준 이상에서 다시 사고율이 증가한다고 제시하였다. 이수범 등(2003)은 도로의 물리적인 특성과 교통특성을 반영한 사고예측모형을 개발하여 도로의 신설 및 개량에서 그 도로의 안전성을 평가할 수 있는 방법론을 제시하였다. 백승걸 등(2005)은 통행길이분포를 이용하여 시·공간적으로 변화하는 운전자의 심리적, 생리적 인적요인을 고려하여 보다 현실적으로 교통사고 발생률을 예측하기 위해 잠재사고비율(PAR, Potential Accident Ratio)을 이용하여 분석하였으며, PAR, 교통량과 교통사고는 밀접한 관계를 갖는다고 제시하였다. Zhou 등(1997)은 주말과 주중, 단독사고와 다차량사고, 사고형태에 따른 V/C와 사고율의 관계를 분석하였으며, 분석결과 V/C와 사고율의 관계는 U형으로 V/C가 낮을 때와 높을 때 사고율이 높고 일정구간 사이에서는 상대적으로 사고율이 낮다고 제시하였다. Konduri 등(2003)은 교통량과 화물차구성, 기상 등의 요인과 교통사고의 관계를 예측하는 모형을 개발하였으며, 교통량은 사고와 비선형적 관계임을 제시하였다.

### 2. 속도변화와 사고위험의 관계 관련 연구

이점호 등(2000)은 지방부 2차로도로의 평면곡선에서 나타나는 자유속도의 변화행태를 분석하였다. 곡선부 주행 시 차량의 속도와 해당 도로구간의 교통사고자료를 비교·분석하여 평면곡선 내의 속도변화와 교통사고발생

간의 관계를 규명하였으며, 곡선부에서의 속도변화폭이 클수록 사고위험성과 사고발생건수가 높다는 결론을 제시하였다. 하태준과 이석(2002)은 속도분산차, 차량진행방향 가속도차, 곡선반경방향 가속도차를 이용하여 새로운 안전성 평가방법을 제안하였다. 기존의 안전성평가 방법과 비교한 결과, 제안된 방법이 보다 적절하며, 속도분산이 도로의 위험도(EDPO)와 통계적으로 유의한 상관관계를 나타내었다고 제시하였다. Solomon(1964)은 Case-control 방법을 이용하여 속도군 분류에 따른 사고율을 비교하였다. 주행속도가 교통류의 속도보다 10kph 이상의 차이가 발생하는 경우 사고발생 가능성이 높다는 결론을 제시하였다. Nilsson(1982)은 평균속도의 변화 시 예측되는 사고발생 및 인명 피해를 평균 속도 함수로서 나타낸 결과, 사고율은 사고 전·후의 평균 속도 변화비의 제곱에 비례하고 부상사고는 3제곱, 사망사고는 4제곱에 비례한다는 결과를 제시하였다. Garber와 Gadiraju(1989)는 속도자료와 사고 자료를 이용하여 속도변화량과 사고율과의 관계를 분석한 결과, 속도 자체보다는 차량들의 속도편차정도가 사고발생율과 관계가 있다고 제시하였다. Finch 등(1994)은 핀란드, 덴마크, 스위스, 미국의 주요 지방부 도로의 제한속도의 변화에 따른 평균속도와 사고율을 비교하여 평균속도 변화와 제한속도 변화로 인한 사고율의 상대적 차이에 관한 모형식을 도출하였으며, 속도가 1mph 감소하는 경우에 5%의 사고감소율이 나타난다고 제시하였다. Baruya(1998)는 제한속도가 70~110kph인 지방부 도로에서 제한속도위반비율, 교통량, 구간길이, 교차점, 도로폭, 제한속도 등의 변수를 사용하여 평균속도와 사고빈도의 관계를 분석하여 사고빈도 산출 모형식을 제시하였다. 또한 속도가 1kph 감소하는 경우에 1.5~3%의 사고비율이 감소하며, 이러한 차이는 도로 및 교통 특성등의 영향으로 발생한다고 제시하였다. Taylor 등(2000)은 속도의 표준편차와 사고빈도와의 관련성을 제시하였다. 도로유형을 도시 내 혼잡도로, 시내도로, 교외도로, 외곽고속도로로 구분하여 분석을 시행하였으며, 도로유형에 상관없이 평균속도가 커질수록 사고빈도가 증가한다는 결과를 제시하였다. 혼잡도로에서 사고빈도수와 사고중가율이 높게 나타났으며, 속도의 표준편차와 평균속도를 고려한 사고빈도 산출 모형을 지수함수로 제시하였다. Zheng 등(2010)은 고속도로 구간 교통사고 자료를 이용하여 사고발생 가능성과 속도의 표준편차와의 영향을 Case-control 방법을 이용하여 분석하였다. 분석결과,

속도표준편차의 승산비는 평균 1.08로, 속도의 표준편차가 1mph로 증가 시에는 사고발생 확률이 8% 증가한다는 결론을 제시하였다.

### 3. 기존연구와의 차별성

국내외의 기존문헌을 검토한 결과 속도가 감소하는 경우에 사고비율이 감소하며, 속도의 표준편차가 감소하면 사고의 비율이 감소한다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 속도에 따라 반드시 사고가 증가하지는 않으며, 속도의 분산이 증가하는 경우에 사고율이 증가한다는 결론을 제시하였다. 국외에서는 속도와 사고와의 관계 연구가 활발히 진행되고 있지만, 국내의 경우는 속도와 사고와의 관계 연구 보다는 도로기하구조에 따른 사고발생 관련 연구가 주로 진행되고 있음을 확인할 수 있었다.

따라서 본 연구에서는 국내의 교통류 상황에 적합하도록 속도의 변화와 속도 표준편차의 변화에 따른 사고율의 변화를 살펴보고, 속도 자료를 이용한 사고율 예측 모형 개발에 초점을 두고 연구를 수행하였다.

### III. 자료수집 및 가공

본 연구에서는 속도의 특성이 교통사고에 미치는 영향을 분석하기 위해 2005~2009년 경부고속도로 천안~양재 구간에서 발생한 사고자료와 구간별 루프검지기 자료를 기초로 사고율과 속도와의 관계를 분석하였다. 천안~양재 구간을 12개의 인터체인지와 분기점, 요금소를 기준으로 양방향 총 22구간으로 분류하여 연구를 수행하였으며 분석구간과 분석구간에 대한 정보를 <표 1>에 제시하였다.

본 연구에서는 차량의 속도와 사고율 간의 관계 수립을 목표로 설정하였기 때문에 검지기로부터 수집된 교통량, 속도, 점유율 자료 중 속도자료만을 이용하였다. 속도자료는 차량간의 간섭이 없는 상황을 반영하기 위해 LOS C이상의 교통류 상태의 속도만 추출하여 분석을 수행하였으나, 지점검지기 자료의 한계 및 자료의 부족 등의 이유로 통계적으로 유의한 모형이 수립되지 않았다. 따라서 전체 속도자료를 이용하여 15분 단위로 집계하여 연도별 구간별로 분류한 후 중앙 집중화 경향을 나타내는 평균, 중앙값, 최대값, 최소값, 85percentile, 15percentile을 산출하였고, 변동성을 나타내는 표준편차, 변동계수, 최대값-최소값, 최대값-평균, 평균-최소

〈표 1〉 분석구간

구간	구간장 (km)	검지기 수 (개)	
		부산방향	서울방향
양재IC↔판교JC	7.2	8	8
판교JC↔판교IC	1.0	1	-
판교IC↔서울TG	2.5	3	4
서울TG↔신갈JC	7.3	5	5
신갈JC↔수원IC	0.8	2	2
수원IC↔기흥IC	4.7	5	5
기흥IC↔동탄JC	3.0	3	3
동탄JC↔오산IC	2.0	3	3
오산IC↔안성JC	13.1	13	13
안성JC↔안성IC	3.2	4	4
안성IC↔천안IC	18.6	11	11

값, 85percentile- 15percentile을 산출하였다. 교통 사고자료는 사고유형별 분류를 통해 차량 속도와 관련이 없는 차대사람, 화재, 기타사고를 제외한 차-시설, 차량 단독, 추돌, 충돌 사고자료만을 이용하였다. 또한 등급별 분류를 통해 사고등급 C등급 이상의 사고자료만을 이용하였다. 고속도로 사고등급은 한국도로공사(2005)에서 사고의 심각도에 따라 정한 등급으로 A급은 사망 3명 이상, 사상 10명 이상, 부상 20명 이상, 도로시설물 피해액 1,000만원, 관련차량이 10대 이상이거나, 5대 이상 사망사고중 하나에 해당한 경우로 정하고 있다. B급은 사망 1명 이상, 부상 5명 이상, 도로시설물 피해액 250만원 이상, 관련차량 5대 이상 혹은 3대 이상 부상사고중 하나에 해당한 경우로 정하고 있다. C급은 부상 1명 이상, 도로시설물 피해액 30만원 이상, 관련차량 3대 이상 사고 중 하나에 해당한 경우로 정의하고 있으며, D급 사고는 그 외의 사고가 해당된다. 따라서 부산방향 241건, 서울방향 245건, 총 486건(5년)의 사고자료를 이용하였으며, 교통량에 비하여 사고건수가 매우 작기 때문에 본 연구에서는 사고율을 산출하여 연구를 수행하였다. 사고율(AR: Accident Rate) 산출식은 식(1)과 같다.

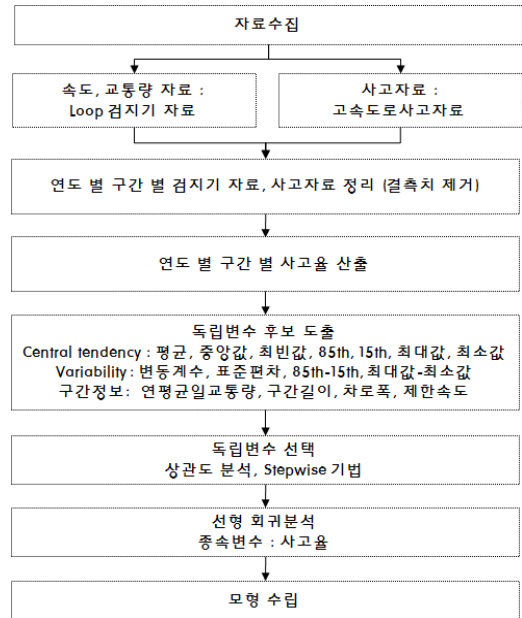
$$AR = \frac{N \times 10^4}{365 \times AADT \times L} \quad (1)$$

N : 사고건수(건/년)

L : 도로구간의 길이(km)

AADT : 연평균 일 교통량(대/일)

구간별 사고율 산출 후 사고율이 0인 구간, 즉 사고가 발생하지 않은 구간은 분석구간에서 제외시킨 후, 앞서 산출한 속도의 중앙 집중화 경향을 나타내는 변수와, 변



〈그림 1〉 연구의 흐름도

동성을 나타내는 변수, 구간정보를 나타내는 변수를 독립변수로 설정하고 사고율을 종속변수로 설정하여 사고율과 속도와의 관계를 수립하였다. 〈그림 1〉에 본 연구의 흐름도를 제시하였다.

## IV. 모형수립과정

### 1. 사고율 산출모형

본 연구에서는 개별차량의 속도와 사고율간의 관계가 아닌 구간별 속도의 특성을 이용하여 사고율과의 관계를 도출하였으므로 기존연구에서 구간속도와 사고율에 관련된 연구를 참고로 하여 모형을 수립하였다. 본 연구에서는 Baruya(1994)와 Taylor 등(2000)에 의한 모형을 초기모형구조로 설정하였으며, 기존연구에서 도출한 속도와 사고율간의 관계식을 〈표 2〉에 제시하였다.

기존 연구(Baruya, Taylor 등)에서는 단순선형 모형 보다는 곱셈모형이 속도와 교통사고의 관계를 더 잘 나타내며, 속도평균, 표준편차와 사고율의 관계 모형을 거듭제곱 함수와 지수함수 형식으로 제시하고 있다. 이에 본 연구에서는 속도의 중앙 집중화 경향에 관련된 변수는 거듭제곱 형식으로 표현하였으며, 변동치 관련 계수는 지수형식으로 표현하여 모형식에 적용하였다.

거듭제곱 형식 .....  $X^\alpha$   
 지수함수 형식 .....  $e^{\beta Y}$

X와 Y는 독립변수,  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 계수이며, 사고율과 독립변수의 관계식은 식(2)와 같이 표현할 수 있다.

$$AR = kX_1^{\alpha_1} \times \dots \times \exp(\beta_1 Y_1) \times \dots \quad (2)$$

양변에 로그를 적용하면 식(3)과 같다.

$$\ln(AR) = \ln k + \alpha_1 \ln X_1 + \dots + \beta_1 Y_1 + \dots \quad (3)$$

선형회귀 분석을 이용하여 모형을 수립하기 위해 로그함수를 적용하였으며, 식(2)와 식(3)과 같은 방법으로 속도의 변화와 사고율간의 관계를 분석하여 모형을 수립하였다.

초기모형구조를 선정하기 위해 Baruya와 Taylor가 제시한 모형에 2005~2009년 경부고속도로 천안~양재 구간별 자료를 이용하여 사고율 모형을 도출하였다. 그 결과 <표 3>과 같이 모형의 회귀계수가 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. Baruya의 모형에서 사용한 변수는 속도의 특성을 사용한 Taylor의 모형과 달리 제한속도, 교통량, 구간길이, 차로폭 등의 구간정보도 함께 사용하여 모형을 수립하였다. 따라서 본 연구에서는 구간정보( $C_{road}$ )와 속도의 특성을 함께 분석하는 경우(Case 1)와 검지기에서 수집할 수 있는 속도자료만으로 분석하는 경우(Case 2)에 대하여 분석을 수행하였다.

## 2. 모형수립

다중변수 모형은 독립변수와 종속변수간의 관계가 명

<표 3> 기존 연구 모형 적용결과

(a) Baruya 모형

	비표준화계수		표준화계수	t	유의 확률
	B	표준오차	베타		
상수	21.445	7.490		2.863	.006
$C_{road}$	-.446	.090	-.527	-4.933	.000
$\bar{v}$	-3.169	1.810	-.328	-1.750	.085
$\alpha_{v_{lim}}$	.406	.157	.466	2.588	.012

Adj. R2=0.325

(b) Taylor 모형

	비표준화계수		표준화계수	t	유의 확률
	B	표준오차	베타		
상수	-17.590	5.488		-3.205	.002
V	3.747	1.166	.388	3.212	.002
SD/V	10.870	1.609	.816	6.755	.000

Adj. R2=0.398

확해야 하며, 모형의 이식성(Transferability)이 높아야 한다. 독립변수가 많을수록 모형의 이식성이 떨어지고, 독립변수와 종속변수간의 관계가 불명확해지므로 변수선택법을 이용하여 사고율과 관계가 명확한 변수를 선택해야 한다. 따라서 본 연구에서는 여러 변수선택방법 중 일반적으로 가장 널리 사용되는 Stepwise기법을 사용하여 변수를 선택하였다. 종속변수를  $\ln(\text{사고율})$ 로 설정하고, 독립변수를 Case 1의 경우 속도의 중앙집중화 경향을 나타내는 변수와 변동성을 나타내는 변수, 구간정보를 나타내는  $C_{road}$  변수를 이용하였으며, Case 2의 경우 속도와 관련된 변수만을 사용하여 모형을 수립하였다.

변수선택 및 모형의 계수값 추정 결과를 <표 4>에 제시하였다. Case 1의 경우 표준편차,  $\ln(C_{road})$ ,  $\ln(\text{중앙}$

<표 2> 사고율 산출모형

저자	결과
Baruya (1998a, 1998b)	$A_r = (C_{road})^{-2.492} \bar{v}^{-0.114} \alpha_{v_{lim}}$ $C_{road} = 5.663 fl^{0.748} l^{0.847} \exp(0.038j - 0.056w + 0.023v_{lim}) \exp(0.023v_{lim})$ <p> <math>A_r</math> : 사고율  <math>\bar{v}</math> : 평균 속도  <math>\alpha_{v_{lim}}</math> : 제한속도 초과 차량비율  <math>fl</math> : 연평균 일 교통량  <math>l</math> : 구간장  <math>j</math> : 구간당 인터체인지 수  <math>w</math> : 차로폭  <math>v_{lim}</math> : 제한속도  <math>\bar{v}</math> : 평균속도                 </p>
Taylor et al. (2000)	$A_r = (0.000435 V^{2.252}) \exp(5.893 \frac{SD}{V})$ <p> <math>A_r</math> : 사고율  <math>V</math> : 평균속도  <math>SD</math> : 속도표준편차                 </p>

〈표 4〉 변수선택 결과 (Stepwise)

(a) Case 1. ( $C_{road}$  포함)

	비표준화계수		표준화 계수	t	유의 확률
	B	표준오차	베타		
상수	-9.757	4.395		-2.220	.030
표준편차	.089	.014	.523	6.196	.000
$\ln(C_{road})$	-.362	.072	-.428	-5.027	.000
$\ln(\text{중앙값})$	3.367	.957	.288	3.519	.001

Adj. R2 = 0.562

(b) Case 2. (속도 특성만을 이용)

	비표준화계수		표준화 계수	t	유의 확률
	B	표준오차	베타		
상수	-14.990	5.100		-2.939	.005
표준편차	.116	.016	.683	7.355	.000
$\ln(\text{중앙값})$	3.069	1.092	.263	2.811	.006
$\ln(\text{최소값})$	.189	.083	.211	2.267	.027

Adj. R2 = 0.438

값)이, Case 2의 경우 표준편차,  $\ln(\text{중앙값})$ ,  $\ln(\text{최소값})$ 이 모형의 독립변수로 채택되었다. 〈표 5〉와 같은 과정을 거쳐 최종적인 속도와 사고율의 모형은 식(4), 식(5)와 같이 수립되었다.

모형의 수정된 R제곱 값은 Case 1의 경우 0.562, Case 2의 경우 0.438로 나타났다. 기존에 사고(사고율)와 관련된 회귀분석 모형 관련 연구를 살펴보면, 수정된 R제곱 값의 범위가 0.3~0.6정도로 그리 높지 않은 값을 나타낸다[1][6]. 이는 사고가 드물게 발생하며 특정한 패턴 없이 무작위로 발생하는 이벤트이며, 여러 가지 요인이 복합적으로 작용하기 때문에 그만큼 예측하기가 쉽지 않다는 것을 뜻한다. 따라서 두 모형 모두 기존 연구와 사고의 특성에 의하면 설명력이 양호한 것으로 나타났다. Case 2보다 Case 1이 모형의 적합성이 더 높게 나타났지만, 계수의 특성을 살펴보면, Case 1에서  $C_{road}$ 가 사고율에 음의 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다. 그러나  $C_{road}$ 의 경우 도로

의 교통상태, 기하구조 상태가 좋지 않을수록 증가하는 값이므로,  $C_{road}$ 가 증가하면 사고율도 증가해야 한다. 이는 도로의 구간 정보자료의 한계로 인한 것으로 판단되며, Case 1의 경우 모형의 현실성이 없다고 판단되어 본 연구에서는 Case 2를 최종 모형으로 설정하였다.

## V. 결과분석 및 모형적용

### 1. 결과분석

모형수립 결과 사고율에 영향을 미치는 변수는 속도의 중앙값, 최소값, 표준편차로 설정이 되었고, 중앙값, 최소값, 표준편차가 증가하면 사고율이 증가한다는 사실을 확인했다. 또한 중앙값, 최소값, 표준편차 중 표준편차의 표준화계수가 0.683으로 속도의 표준편차가 사고율에 가장 큰 영향을 미치고, 중앙값, 최소값 순으로 사고율에 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

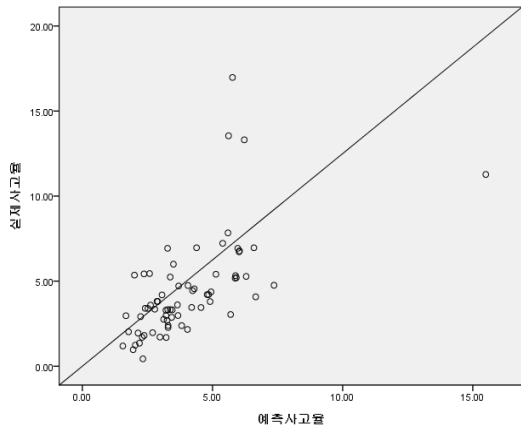
본 연구에서 개발된 모형의 사고율 예측 정확성을 검증하기 위해 실제 사고자료를 이용하여 산출한 사고율과 개발 모형을 통한 예측치 간의 상관성을 분석하였다. 분석결과 실제사고율과 모형에 의해 산출된 사고율간의 상관계수(유의확률)가 0.610(0.000)으로 나타났다. 이는 크게 높은 값은 아니지만 국내 기존 연구에 속도와 사고율 예측 모형을 개발한 사례가 거의 없으며, 사고는 복합적인 요인에 의해 무작위로 드물게 발생하는 이벤트로, 예측하기 어려운 점을 감안하면 우수한 예측력을 보인다고 할 수 있다. 〈그림 2〉에 실제 사고율과 예측 사고율간의 관계를 산점도로 제시하였다.

### 2. 모형적용

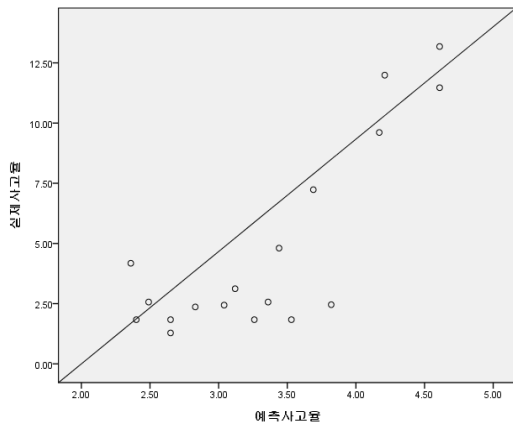
본 연구에서 개발한 속도와 사고율 모형을 이용하여

〈표 5〉 모형식 도출

Case 1	$-\ln(AR) = -9.757 - 0.362\ln C_{road} + 3.367\ln V_{median} + 0.089STD$ $-AR = \exp(-9.757 - 0.362\ln C_{road} + 3.367\ln V_{median} + 0.089STD)$ $-AR = \exp(-9.757) \times \exp(\ln C_{road}^{-0.362}) \times \exp(\ln V_{median}^{3.367}) \times \exp(0.089STD) \quad (4)$ $\bullet AR = (5.79 \times 10^{-5}) C_{road}^{-0.362} V_{median}^{3.367} \exp(0.089STD)$
Case 2	$-\ln(AR) = -14.99 + 3.069\ln V_{median} + 0.189\ln V_{min} + 0.116STD$ $-AR = \exp(-14.99 + 3.069\ln V_{median} + 0.189\ln V_{min} + 0.116STD)$ $-AR = \exp(-14.99) \times \exp(\ln V_{median}^{3.069}) \times \exp(\ln V_{min}^{0.189}) \times \exp(0.116STD) \quad (5)$ $\bullet AR = (3.09 \times 10^{-7}) V_{median}^{3.069} V_{min}^{0.189} \exp(0.116STD)$



〈그림 2〉 실제 사고율과 예측 사고율간의 관계



〈그림 3〉 모형적용 결과 (산점도)

2010년 3~5월, 10월, 11월 부산방향 경부고속도로 천안~양재 구간별 사고율을 예측해 보았다. 사고자료를 이용하여 산출한 실제 사고율과 예측된 사고율간의 관계를 산점도와 상관분석을 통해 분석하였다. 〈그림 3〉에 실제 사고율과 예측 사고율간의 관계를 산점도로 제시하였다. 실제 검지기 자료를 모형에 적용하여 사고율을 산출한 결과, 전체적으로 사고율이 실제 값보다 낮게 예측 되는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 실제 사고율과 예측 사고율간의 Pearson상관계수는 0.823로 관측치와 예측치 간의 상관도가 높아 실제 사고율과 예측 사고율의 경향이 높은 선형 상관관계를 보이는 것을 확인할 수가 있다. 따라서 본 모형을 이용하여 사고율 예측시 실제 사고율과는 차이가 있겠지만, 상대적으로 위험한 구간을 예측할 때 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## VI. 결론

본 연구에서는 경부고속도로의 속도자료와 교통사고 자료를 이용하여 속도와 교통사고 간의 관계에 대한 모형을 제시하였다. 사고건수를 이용해 사고율을 계산하여 종속변수로 설정하였다. 검지기 속도 자료를 15분 단위로 집계하여 연도별 구간별로 분류한 후, 속도의 중앙집중화 경향을 나타내는 평균, 중앙값, 최대값, 최소값, 85percentile, 15percentile을 산출하였고, 변동성을 나타내는 표준편차, 변동계수(표준편차/평균), 최대값-최소값, 최대값-평균, 평균-최소값, 85percentile-15percentile을 산출하였다. 연평균 일 교통량, 구간길이, 제한속도 등의 도로 구간 정보를 이용하여  $C_{road}$ 를 산출하여 속도의 특성과 도로 구간정보인  $C_{road}$ 를 독립변수로 설정한 Case 1과 속도의 특성만을 독립변수로 설정한 Case 2의 두 가지 경우에 대하여 분석을 수행하였다. 속도자료를 이용하여 산출한 독립변수 후보를 이용하여 Stepwise기법으로 변수를 선택한 결과, Case 1의 경우  $C_{road}$ 와 중앙값, 표준편차가 채택되었으며, Case 2의 경우 중앙값과 최소값, 표준편차가 채택되었다. 그러나 Case 1의 경우 모형이 현실과 상이한 결과가 도출되어 최종 모형식은 Case 2로 설정하였다. Case 2에서 선택된 변수인 중앙값과 최소값, 표준편차를 독립변수로 설정하고 사고율을 종속변수로 설정하여 모형을 수립한 결과 식(5)와 같이 모형이 수립되었으며, 속도와 사고율간의 관계는 중앙값과 최소값, 표준편차의 값이 증가하면 사고율도 증가하며, 속도의 표준편차가 사고율에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 본 연구에서 제시한 모형의 적합도를 확인하기 위해 실제 사고율과 예측 사고율을 비교해본 결과 상관계수(유의확률)가 0.610 (0.000)으로 만족스러운 결과를 얻을 수 있었다. 본 연구에서 개발한 모형에 2010년 3~5월, 10월, 11월 경부고속도로 검지기 자료를 이용하여 사고율을 예측한 결과 전체적으로 실제 값 보다 낮게 예측되는 것으로 나타났지만, 실제 사고율과의 경향은 유사한 것으로 나타나 구간별 상대적인 값을 비교하여 위험구간 예측시 활용될 수 있을 것으로 보인다.

본 연구에서 나타난 한계점을 보완하고, 보다 신뢰성 있는 모형을 수립하기 위해서는 지점속도를 수집하는 루프검지기 자료뿐만 아니라 구간속도의 자료를 이용한 분석이 필요하다. 현재 고속도로에서도 지점검지기를 이용하여 가공한 정보를 제공하고 있지만, 하이패스와 같은

DSRC(Dedicated Short Range Communication) 단말기 보급률이 확산됨에 따라 향후 DSRC로부터 수집되는 자료를 이용한 분석이 필요하다. 또한 사고건수와 사고율로 분석하는 방법에 대한 추가검토와 사고심각도와 속도와의 관계에 대한 추가적인 분석이 필요하다. 또한 본 연구에서는 인터체인지, 분기점, 요금소 기준으로 구간을 세분화 하여 연구를 수행하였으나, 도로의 구간을 세분화하는 방법은 다양한 기준이 있기 때문에 다양한 구간분류를 통한 추가연구가 필요하다.

본 연구에서는 속도 표준편차가 증가함에 따라 교통사고 발생 건수, 즉 사고율이 증가한다는 기존에 일반화된 사실을 정량화 할 수 있도록 모형을 제시하였다. 본 연구에서 제시한 모형을 이용하여 속도의 변화에 의한 사고율의 변화를 단기간에 평가함으로써 현재의 교통상황에 대한 위험도 분석 및 교통안전도 평가를 수행 할 수 있을 것이다. 또한 여러 속도정책대안에 따른 효과를 비교하여 보다 효과적인 속도정책대안 수립에 기여할 것으로 기대되며, 합리적인 제한속도 설정 및 여건 변화에 따른 지속적 재조정, 모니터링을 통한 사후평가지 활용하여 교통안전성 확보와 효율적인 속도정책의 시행에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. 오철·장재남·장명순(1999), "고속도로 시설물 구간의 교통혼잡도와 사고율의 관계 분석 (신갈-안산 고속도로를 중심으로)", 대한교통학회지, 제17권 제2호, 대한교통학회, pp.21~27.
2. 이수범·김정현·김태희(2003), "도로 및 교통특성에 따른 계획 단계의 도시부 도로 교통사고 예측모형개발", 대한교통학회지, 제21권 제4호, 대한교통학회, pp.133~144.
3. 백승걸·장현호·강정규(2005), "교통량과 통행길을 고려한 고속도로 교통사고 예측 연구", 대한교통학회지, 제23권 제2호, 대한교통학회, pp.95~106.
4. 이점호·이동민·최재성(2000), "평면곡선부의 속도 및 교통사고 영향분석연구", 대한교통학회지, 제18권 제1호, 대한교통학회, pp.35~43.
5. 하태준·이석(2002), "지방부 2차로 안전성 평가에 관한 연구", 대한교통학회지, 제20권, 제1호, 대한교통학회, pp.121~130.

6. Zhou, M., and Sisiopiku, V. P.(1997), "Relationship Between Volume-to-Capacity Ratios and Accident Rates", Transportation Research Record, vol.1581, pp.47~52.
7. Konduri, S., Labi, S., and Sinha, K.C. (2003), "Incident Occurrence Models for Freeway Incident Management", Transportation Research Record, vol.1856, pp.125~135
8. Solomon, D.(1964), "Crashes on main rural highways related to speed, driver and vehicle", In: Bureau of Public Roads. U. S. Department of Commerce, United States Government Printing Office, Washington, D.C.
9. Nilsson, G.(1982), "The effects of speed limits on traffic crashes in sweden", Organization for Economy, In: Proceedings of the international symposium on the effects of speed limits on traffic crashes and fuel consumption, Dublin, Co-operation, and Development (OECD).
10. Garber, N. J., and Gadiraju, R.(1989), "Factors affecting speed variance and its influence on accidents", Transportation Research Record, vol.1213, pp.64~71.
11. Finch, D. J., Kompfner, P., Lockwood, C. R., and Maycock, G.(1994), "Speed, speed limits and crashes", Project Record S211G/RB/Project Report PR 58, Transport Research Laboratory TRL, Crowthorne, Berkshire.
12. Baruya, B.(1998), "Speed-accident relationships on European roads", In: Proceedings of the conference 'Road safety on Europe', Bergisch Gladbach, Germany, Germany, VTI Konferens, no. 10A, Part 10, pp.1~17.
13. Taylor, M. C., Lynam, D. A., and Baruya, A.(2000), "The effects of driver's speed on the frequency of road accidents", Transport Research Laboratory, No.421.
14. Arts, L., and van Schagen, I.(2005), "Driving speed and the risk of road crashes:



A review", Accident Analysis and Prevention, 38(2006), pp.215~224.  
15. Zheng, Z., Ahn, S., and Monsere, C.

M.(2010), "Impact of traffic oscillations on freeway crash occurrences", Accident Analysis and Prevention, 42(2010), pp.626~636.

- ☞ 주 작성자 : 정은비
- ☞ 교신저자 : 오 철
- ☞ 논문투고일 : 2011. 3. 8
- ☞ 논문심사일 : 2011. 5. 2 (1차)  
2011. 6. 7 (2차)  
2011. 6. 14 (3차)
- ☞ 심사관정일 : 2011. 6. 14
- ☞ 반론접수기한 : 2011. 12. 31
- ☞ 3인 익명 심사필
- ☞ 1인 abstract 교정필