

## 고속도로 교통사고 심각도 등급별 요인분석에 관한 연구

### A study on the factor analysis by grade for highway traffic accident

이혜령 Lee, Hye Ryung  
 김기정 Kum, Ki Jung  
 손승녀 Son, Seung Neo

정회원 · 명지대학교 공과대학 교통공학과 석사과정 (E-mail : skyminu79@hanmail.net)  
 정회원 · 명지대학교 공과대학 교통공학과 교수 (E-mail : kjkum@mju.ac.kr)  
 정회원 · ITS Korea (E-mail : son3003@nate.com)

#### ABSTRACT

With respect to the trend of highway traffic accident, highway accident is in decline, whileas, the fatality is on an increasing trend. Thus, many efforts to decrease highway traffic accidents and improve the safety, are required. In particular, in case of highway, the management standard by grade for accident black spot is designated. Thus, investing the effect factors by grade for highway traffic accident is required in detail. Thus, in this study, the factors affecting the traffic accidents among the environmental factors based on the graded data for the accident black spot in the applicable section targeting the Seoul-Pusan Express Highway, were reviewed; accident forecasting model which would analyze the characteristics of the accidents for determining the accident grade, was developed. As a result of establishing a model by using Quantification Theory of Type II, considering the characteristics of the dependent and independent variables based on the geometric structure, 'the fixed variable' among the variables relating to the accident, for the variables influencing over the accident grade, 'the type of vans, a chassis and people', 'the trailers, special vehicles and chassis people' and 'the negligence of watching and cloudy weather' were analyzed as common factors, in case of 'horizontal alignment', 'longitudinal slope' and 'barricade' respectively.

#### KEYWORDS

highway traffic accidents, accidents grade, quantification theory, factor analysis of accident

#### 요지

최근 고속도로 사고발생량은 감소하고 있는 반면 치사율은 증가하는 추세임에 따라 고속도로의 교통사고 감소 및 안전성 향상을 위한 많은 노력이 요구된다. 특히, 고속도로의 경우 사고다발지점의 등급별 관리기준을 선정하여 관리하고 있어 이에 대한 등급별 사고 영향 인자를 파악하는 것이 세부적으로 필요하다. 따라서 본 연구에서는 우리나라에서 가장 이용률이 높은 경부고속도로를 대상으로 해당구간 내 사고지점에 대한 등급별 데이터를 기준으로 주변환경 요인 중 교통사고에 영향을 미치는 요인을 검토하고, 사고특성을 분석하여 사고등급을 결정지을 수 있는 사고예측모형을 개발하였다. 사고관련 변수 중 고정변수인 기하구조를 기준으로 종속변수와 독립변수의 특성을 고려한 수량화이론 제 2류 기법을 이용하여 모형을 구축한 결과, 사고등급에 영향을 미치는 변수로는 평면선형의 경우 승합차종과 차대 사람이, 종단구배는 트레일러·특수차량과 차대 사람, 방책시설은 주시태만과 흐린 날씨가 공통인자로 분석되었다.

#### 핵심용어

고속도로교통사고, 사고등급, 수량화이론, 사고요인분석

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

국토해양부자료에 따르면 전체 2006년에서 2008년 사이 경부고속도로 이용차량의 비율은 20.3%로 전체

노선 중 가장 높은 이용률을 차지하고 있으며, 고속도로 사고치사율은 11%대로 사고발생량은 감소하고 있는 반면 치사율은 증가하는 추세이다.

따라서 우리나라에서는 고속도로 교통사고 감소를 위

해 빈번한 고속도로 교통사고 현황 및 원인 파악을 하는 등 다양한 대책으로 안전성 향상을 위해 노력하고 있다.

특히 고속도로 관리기관인 한국도로공사에서는 교통사고 감소를 위해 다음 표 1과 같이 사고다발지점의 등급별 관리기준을 선정하여 관리하고 있다.

표 1. 교통사고 관리현황

구 분	기 준
A등급	· 사망 3명 이상 · 부상 20명 이상 · 피해액 1천만 원 이상
B등급	· 사망 1명 이상 · 부상 5명 이상 · 피해액 250만 원 이상
C등급	· 부상 1명 이상 · 피해액 30만 원 이상

경부고속도로 서울방향의 경우, 총 489건의 사고 중 A등급 사고는 4건으로 0.8%, B등급 사고는 77건으로 15.7%, C등급 사고는 408건으로 83.5%로 나타남에 따라 각 등급별 편중성은 있으나, 각 등급에 관한 영향요인 파악과 안전대책에 관한 연구가 필요하다.

그러나 사고심각도가 가장 큰 A등급의 3년간 발생건수가 총 4건으로 적어 통계적 의미를 찾는 것은 무리가 있다. 따라서 통계적 의미를 갖는 표본수를 갖는 B등급과 C등급의 사고의 원인을 파악하는 것이 현실적으로 안전성 향상에 기여할 수 있을 것이라 판단된다.

따라서 본 연구에서는 경부고속도로 서울방향 동대구 JCT에서 양재IC구간 내 사고지점의 B등급, C등급의 자료를 대상으로 기하구조 구분에 따라 문헌고찰을 통한 분석기법을 이용하여 각 사고에 영향을 미치는 요인을 도출하고, 사고특성을 분석하여 사고등급을 구분할 수 있는 사고예측모형을 개발함을 주목적으로 하였다.

## 1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 기하구조와 같은 고정변수에 따른 고속도로 교통사고 심각도 등급을 구분할 수 있는 요인을 도출하기 위해, 공간적 범위로는 경부고속도로 서울방향 본선구간 중 동대구 JCT에서 양재IC에 해당하는 총 294km구간을 대상으로 하였다.

또 시간적 범위로는 2006년에서 2008년 사이 해당구간 고속도로에서 발생한 교통사고에 대해 사고등급별 자료를 이용하였다.

연구의 방법에 있어서 기존의 판별분석은 종속변수가

범주형인 비계량적 변수이고, 독립변수가 연속형의 계량적 형태를 가져야 한다는 것이 한계점이다.

따라서, 본 연구에서는 종속변수와 독립변수에 모두 비계량적 변수가 이용가능한 수량화이론 제 2류를 통해 사고발생원인과 사고특성을 분석하였고, 사고등급을 구분 지을 수 있는 모형식을 개발하였다. 이상과 같은 일련의 과정을 도식화하면 그림 1과 같다.

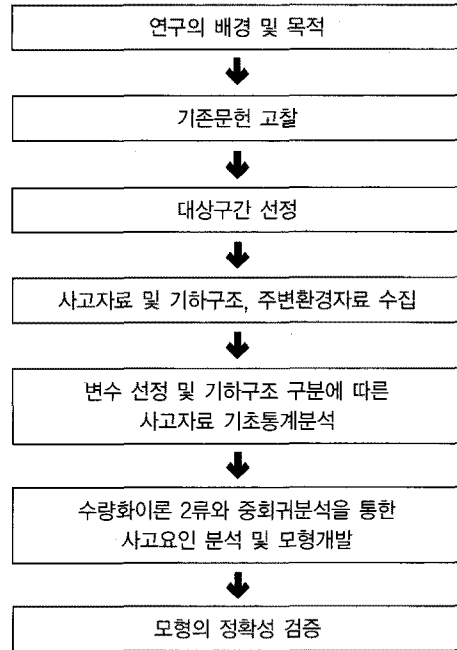


그림 1. 연구의 수행과정

## 2. 문헌고찰

### 2.1. 기존 연구 고찰

교통사고의 영향요인을 분석하고 사고예측을 통한 문제점 개선 및 사고감소를 위해 국내외에서는 다양한 연구가 수행되고 있다.

Wang 등(1997)의 연구에서는 도료의 114개 4차 교차로를 대상으로 사고와의 관계를 연구하여 교차로 크기는 교통사고건수와 교통사고율을 증가시키고 운전자의 인지, 생각 행동능력은 교통사고발생에 영향을 미친다고 나타났다.

Chin 등(2001)의 연구에서는 교차로에 영향을 미치는 요소를 확인하기 위해 RENB(Random Effect Negative Binomial)모형을 이용하였으며, 분석결과 접근교통량, 우회전 교통량, 좌회전 차로수 등이 교통사고와 관련이 높은 것으로 나타났다.

또한, Yan 등(2005)의 연구에서는 Quasi-induced

exposure technique와 다중로지스틱 회귀모형을 이용하여 후미추돌사고와 운전자 특성, 도로환경, 차량 유형으로 구분된 일련의 잠재적 사고요인과의 관계를 분석하였다.

이종학, 조혜진(2004)은 상류부 선형이 급변하는 구간 기하구조와 교통사고의 관계를 파악하기 위하여 선형 연속성 측정이 가능한 3구간과 사망률간의 상관관계를 분석하여 도로 상류부 기하구조 특성이 도로 교통사고에 미치는 영향을 분석하였다.

오주택, 성낙문, 하오근(2005)의 연구에서는 교통사고 영향요인 분석을 통한 안전성 향상에 기여코자 포아송 회귀분석을 이용하여 주도로 교통량, 부도로 교통량, 주도로 중차량 비율, 부도로 유출입구 수, 주도로 중앙분리대, 주도로 제한속도 등의 변수를 이용한 사고예측모형을 개발하였다.

이용미, 이영인(2007)의 연구에서는 도시지역 교차로의 안전성에 영향을 끼치는 요인을 분석하기 위해 음이항, 포아송 회귀분석을 이용하여 교차로 사고예측모형을 개발하였으며 주도로 교통량, 교차로 타입 등이 사고에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

유두선 외 3명(2008)은 주야간 교통사고 차이점 및 사고원인을 파악하기 위해 청주시 신호교차로를 대상으로 주·야간 교통사고 특성에 따른 사고모형을 개발하고 다중회귀분석, 포아송 회귀분석, 능형회귀분석을 이용하여 모형의 설명력을 비교하였다.

오홍운(2009)의 연구에서는 설계요소, 설계속도의 일관성과 교통사고 발생의 상관성 파악을 위해 평면곡선반경 특성에 따른 단위구간별 설계요소, 속도, 교통사고 특성치의 평균과 표준편차를 산정한 후 인터체인지 거리를 기준으로 설정한 대구간의 집합간 상관분석을 실시하여 설계요소, 표준편차설계속도와 교통사고와의 관계를 제시하였다.

이 밖의 판별모형을 이용한 국내연구로 김숙희, 장정아, 최기주(2005)는 사고지점의 파악 및 영향인자파악을 목적으로 각 사고유형 및 위치별 사고관련 특성의 확률을 이항분포로 모형화하여 사고발생지점 여부를 판단하고 이에 대한 로지스틱 판별분석으로 사고발생에 영향을 미치는 주요인을 추출했다.

또한, 박병호, 임민희, 박상혁, 이영민(2007)의 연구에서는 비신호교차로의 안전성 향상 및 대책 마련을 위하여 청주시 비신호교차로의 사고발생 교차로 및 사고 미발생 교차로를 대상으로 사고유형과 사고위치별 판별모형을 이용하여 각 사고 원인 추출 및 사고특성을 분석하였다.

## 2.2. 모형에 대한 이론적 고찰

### 2.2.1. 판별모형

판별모형은 그룹을 나타내는 종속변수와 그룹의 판별에 사용하는 독립(설명)변수로 이루어진다. 이때 종속변수가 범주형으로 질적 변수이고 독립변수가 양적 변수라면 판별모형을 적용하는데 이 모형은 판별함수를 만들어 평가대상이 어느 집단에 속하는가를 예측 가능하게 한다. 새로운 개체를 분류하기 위해 사용하는 함수식은 다음과 같다.

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_ix_i \quad (1)$$

$y$  = 판별점수

$b_i$  =  $i$  번째 독립변수의 가중치

$x_i$  =  $i$  번째 독립변수

위와 같이 판별함수를 얻으면, 이로부터 각 그룹 내의 개체마다 판별점수를 모두 구하고, 그룹마다 판별점수의 평균을 구한 것을 그룹의 중심이라 하여, 이들 중심간의 거리가 그룹들 간에 분류가 잘 되었는가를 판단하는 척도가 된다. 즉 이 그룹들 간의 중심들이 서로 멀리 떨어져 있으면 개체의 분류가 잘 된 것이다. 또한 이 중심을 이용하여 새로운 개체를 어느 그룹에 분류할 것인가를 결정하는 경계점을 구한다(박병호 등, 2007).

### 2.2.2. 수량화이론 제 2류

판별모형에 있어서의 독립변수는 양적 변수라면 독립변수가 명목척도나 순서척도로 측정되는 질적 변수일 경우에는 수량화이론 제 2류라고 불리는 수법을 이용한다. 이 이론은 더미변수의 경우와 마찬가지로 양적 변수를 질적 변수와 나란히 함께 취급할 수 있으며 이를 위해 사용하는 함수식은 다음과 같다(노형진, 2003).

$$y = b_0^* + b_{11}^*x_{11} + b_{12}^*x_{12} + b_{21}^*x_{21} + b_{22}^*x_{22} + \dots + b_{ij}^*x_{ij} \quad (2)$$

$y$  = 판별점수

$b_{ij}$  =  $ij$  번째 독립변수의 가중치

$x_{ij}$  =  $ij$  번째 독립변수

위의 식을 사용해서 종속변수의 값을 예측하고 그 값의 +, -에 의해서 그룹의 판별을 실시하는데 이때 판별율이 중요하며 방식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 y \times \text{예측치} < 0 & \quad \text{오판별(*표시)} \\
 y \times \text{예측치} > 0 & \quad \text{정판별}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

### 2.3. 기존 연구와의 차별성

교통사고 안전성 향상을 위한 연구는 다수 존재하고 있으나, 고속도로의 경우 사고의 명확한 구분이 어려움에 따라 지점별 사고를 다룰 수 있는 교차로 사고에 대한 연구들이 대부분이다.

또한, 요인 추출을 함에 있어 기하구조, 교통량, 차로 수 등 계량적 독립변수를 이용한 판별분석이 주를 이루고 있으며, 사고원인, 차종 등 변동변수들을 고려한 분석방법은 미비하다.

따라서, 본 연구는 기존 사고다발지점의 등급별 데이터를 이용한 고속도로 교통사고 심각도 등급별 사고요인 도출에 관한 것으로, 기하구조 구분에 따라 사고원인, 차종 등 사고등급에 영향을 미치는 요인을 추출하고 사고특성을 분석하는데 기존 연구와 차별성이 있다.

## 3. 사고현황 및 특성 분석

### 3.1. 사고등급별 현황분석

경부고속도로 서울방향 본선구간 중 동대구 JCT에서 양재IC 사이 구간 내 총 사고건수는 2006년에서 2008년 489건이 발생하였다. A등급 사고는 4건(0.8%), B등급 사고는 77건(15.7%), C등급 사고는 408건(83.5%)로 C등급 사고가 83.5%의 높은 비율을 차지하는 것으로 나타났다.

#### 3.1.1. B등급

B등급 사고의 경우 차량사고원인은 11건(14.3%), 인적사고원인은 66건(85.7%)로 인적사고원인이 많은 것을 알 수 있었으며, 인적사고 중 졸음이 26건으로 전체 중 39.4%를 차지하는 것으로 나타났다. 또한 날씨에 40건(51.9%)이 맑게 나타났으며, 노면은 62건(80.5%)

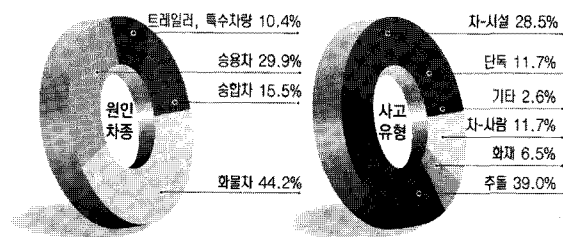


그림 2. B등급 사고현황

이 건조하게 나타났다. 추돌사고가 30건(39.0%)로 가장 많았으며, B등급에는 화물차 사고가 34건으로(44.2%)의 높은 비율을 차지하였다.

#### 3.1.2. C등급

C등급 사고를 살펴보면 차량사고원인이 68건(16.7%), 인적사고원인이 340건(83.3%)으로 인적사고원인이 많았으며, 인적사고 중 B등급과 마찬가지로 졸음이 107건(23.8%)으로 높은 비율을 차지하는 것으로 나타났다. 또한 날씨로는 맑은 날씨가 227건(55.6%) 건조한 노면상태가 291건(71.3%)로 절반 이상을 차지하였다. 그러나 C등급 사고는 B등급 사고와 달리 차와 시설간의 사고유형이 238건(58.3%)으로 가장 많으며, 승용차 사고가 238건으로(58.4%)의 높은 비율을 차지하는 것으로 나타났다.

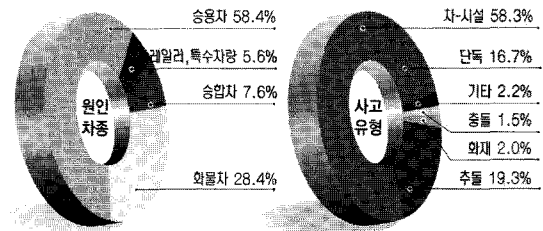


그림 3. C등급 사고현황

### 3.2. 기하구조 구분에 따른 사고자료 기초통계 분석

#### 3.2.1. 평면선형

본 연구에서는 평면선형을 우커브 500m 미만, 우커브 500m 이상, 좌커브 500m 미만, 좌커브 500m 이상, 직선으로 구분하였다. 해당 사고자료로 구분해보았을 때 직선이 B등급 79.2%, C등급 73.3%로 가장 높은 비율을 차지하고 있다. 그러나 우커브 500m 미만은 0%, 2%이고 좌커브 500m 미만은 0%, 1.7%로 비율이 거의 나타나지 않아 표본수가 모자란 것으로 나타났다.

#### 3.2.2. 종단구배

종단구배는 내리막 3% 미만, 내리막 3% 이상, 오르막 3% 미만, 오르막 3% 이상, 평탄으로 분류하였다. 그 결과 평탄이 B등급 59.7%, C등급 55.1%로 가장 높은 사고비율을 차지하고 있었으나, 내리막 3% 이상은 0%, 1.5%이고 오르막 3% 이상은 0%, 3.2%로 비율이 거의 나타나지 않아 표본수가 모자란 것으로 나타났다.

### 3.2.3. 방책시설

방책시설은 가드레일, 고정식방호벽(127cm), 고정식방호벽(81cm), 녹지대, 이동식방호벽, 중앙분리대 없음으로 구분하였다. 그 결과 고정식방호벽(127cm)이 B등급 51.9%, C등급 43.9%로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며 그 다음으로 고정식방호벽(81cm)이 31.2%, 44.6%를 차지하고 있었다. 그러나 녹지대와 중앙분리대 없음은 각 비율이 2% 미만으로 표본수가 부족한 것으로 나타났다.

표 2. 기하구조에 따른 기초통계분석

구분	B등급		C등급		
	건수	비율(%)	건수	비율(%)	
평면 선형	우커브 500m 미만	0	0.0	8	2.0
	우커브 500m 이상	10	13.0	28	6.9
	좌커브 500m 미만	0	0.0	7	1.7
	좌커브 500m 이상	6	7.8	66	16.2
	직선	61	79.2	299	73.3
계	77	100	408	100	
종단 구배	내리막 3% 미만	16	20.8	77	18.9
	내리막 3% 이상	0	0.0	6	1.5
	오르막 3% 미만	15	19.5	87	21.3
	오르막 3% 이상	0	0.0	13	3.2
	평탄	46	59.7	225	55.1
계	77	100	408	100	
방책 시설	가드레일	6	7.8	26	6.4
	고정식방호벽 (127cm)	40	51.9	179	43.9
	고정식방호벽 (81cm)	24	31.2	182	44.6
	녹지대	1	1.3	4	1.0
	이동식방호벽	5	6.5	14	3.4
	중분대 없음	1	1.3	3	0.7
	계	77	100	408	100

## 4. 분석방법

분석을 실시하기에 앞서 사고발생에 대한 가정이 필요하다. 대상구간 내 어느 지점에서든지 사고가 발생할 수 있다는 것과 해당 지점의 A등급, B등급, C등급의 사고가 발생할 확률은 동일하다는 것이 이에 포함된다. 이러한 가정은 사고요인을 도출해내고 모형 구축 및 적용에 있어 항상 염두에 두고 있어야 하는 사항이며 이를 바탕으로 분석을 수행하기 위한 연구 개념도는 그림 2와 같다.

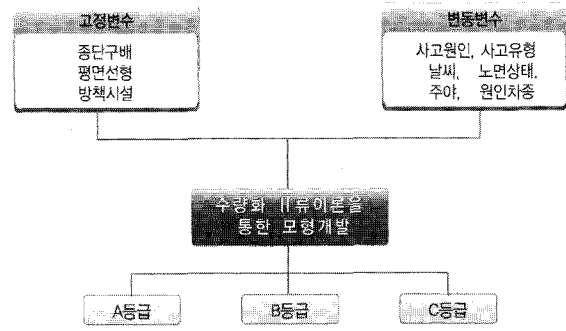


그림 4. 개념도

### 4.1. 자료수집

사고자료는 2006년에서 2008년 사이에 해당하는 경부고속도로 서울방향 본선구간 중 동대구 JCT에서 양재IC 사이 구간 내 사고지점별 등급자료와 사고발생 지점의 도로의 기하구조 및 사고원인, 유형, 원인차종 등 주변 환경 자료를 정리하여 이용하였다.

### 4.2. 변수의 선정

#### 4.2.1. 종속변수 선정

해당구간 고속도로 교통사고를 평면선형과 종단구배, 방책시설과 같은 고정변수로 나누어 각각의 사고지점에 대한 사고등급을 종속변수로 선정하였으며, 변수의 수치화를 위해 표 3과 같이 표시하였다(노형진, 2003).

표 3. 종속변수의 분석을 위한 표시방법

변수	수집방법 및 분석을 위한 표시방법
B등급	$y = 1$
C등급	$y = -(n1/n2)$ - n1 = B등급에 속하는 관측대상 수 - n2 = C등급에 속하는 관측대상 수

#### 4.2.2. 독립변수 선정

사고지점의 주변 환경자료 중 고속도로에서 발생한 교통사고와 밀접한 관련이 있으나 여러 요인에 의해 변동가능하다고 판단되는 변수들을 수집하였다.

예를 들어 사고원인과 같은 경우 같은 지점의 사고일 지라도 차량으로 인한 사고, 인적요인에 의한 사고로 나누어질 수 있으며, 인적요인에 의한 사고도 과속, 졸음, 주시태만 등 다양한 사고원인으로 나타날 수 있기 때문에 이는 변동요인에 해당한다.

이와 같은 변동변수들을 수집한 후, 여기서 각 변수들 간의 독립성을 확보할 수 있는 변수만을 채택하기 위해 종속변수와 독립변수, 독립변수들 간의 상관분석을 실

시하였다.

그 결과 교통사고에 영향을 미치는 주요변수에 대한 변수 수집방법과 모형 개발을 위한 표시방법은 표 4와 같이 나타낼 수 있다.

표 4. 독립변수의 수집방법 및 분석을 위한 표시방법

변 수	수집방법 및 분석을 위한 표시방법
차량 사고원인	타이어파손 = 1, 적재불량 = 2, 엔진과열 = 3, 노면잡물 = 4, 추월불량 = 5, 기타 = 6, 전기장치 = 7, 제동장치 = 8, 하부장치 = 9
인적 사고원인	과속 = 1, 졸음 = 2, 주시태만 = 3, 안전거리미확보 = 4, 핸들과대조작 = 5, 음주 = 6
날씨	비 = 3, 흐림 = 2, 맑음 = 1, 눈 = 4
주·야	주간 = 1, 야간 = 2
사고유형	차-사람 = 1, 충돌 = 2, 화재 = 3, 추돌 = 4, 차-시설 = 5, 단독 = 6, 기타 = 7
노면상태	건조 = 1, 습기 = 2, 기타 = 3
원인차종	승합(소형) = 1, 승합(중·대형) = 2, 트레일러·특수차량 = 3, 승용차 = 4, 화물(중형) = 5, 화물(대형) = 6, 화물(소형) = 7

## 5. 수량화이론 2류를 이용한 사고요인 분석

### 5.1. 모형의 적용

본 연구에서는 고속도로 교통사고 가운데 평면선형, 종단구배, 방책시설의 구분에 따른 사고등급을 판단하는데 있어서 어떠한 요인이 문제가 되는지 확인하기 위해 통계패키지 SPSS를 이용하였다.

A등급을 제외한 총 485건의 고속도로 교통사고 발생 지점에서 조사된 기하구조 구분별 사고등급 데이터를 종속변수로 두고 주변 환경요소를 독립변수로 이용하여 수량화이론 제 2류 모형을 구축하였으며, 구축된 모형식은 표 5와 같다.

모형 선정 시 모형을 설명변수들의 통계적 특성은 Pearson 상관관계수가 높고 P-value값이 유의한 것으로 판단하였다.

Pearson 상관관계수는 부호가 적합하고 변수간의 연관성의 정도와 방향을 수량적으로 나타내어주는 값으로 -1과 1사이의 값을 가지며 -1에 가까우면 음의 상관관계 1에 가까우면 양의 상관관계로 절대치가 0에 가까우면 상관관계가 거의 없다고 볼 수 있다(오주택 외, 2005).

또한 P-value 값은 영가설이 맞다고 가정할 때 얻은 결과보다 극단적인 결과가 실제로 관측될 확률을 의미한다. 즉, 귀무가설을 기각할 수 있는 최소한의 확률을

표 5. 기하구조에 따른 수량화이론 2류 모형

구 분	모 형 식	
평면 선형	우커브 500m미만	-
	우커브 500m이상	$y = 2.184 \cdot \text{차량2} + 2.418 \cdot \text{차량6} + 1.313 \cdot \text{인적2} - 1.254 \cdot \text{유형2} + 1.495 \cdot \text{원인1} + 1.482 \cdot \text{원인2} - 1.548$
	좌커브 500m미만	-
	좌커브 500m이상	$y = 1.273 \cdot \text{유형1} + 1.309 \cdot \text{유형3} + 1.187 \cdot \text{원인2} + 0.766 \cdot \text{원인5} - 0.202$
	직선	$y = 0.885 \cdot \text{유형1} + 0.308 \cdot \text{원인2} - 0.377$
종단 구배	내리막 3%미만	$y = 0.996 \cdot \text{유형1} + 0.715 \cdot \text{원인2} + 0.630 \cdot \text{원인3} + 0.252 \cdot \text{유형4} + 0.257 \cdot \text{유형6} + 0.824 \cdot \text{노면1} + 0.922 \cdot \text{노면2} - 1.325$
	내리막 3%이상	-
	오르막 3%미만	$y = 0.780 \cdot \text{차량2} + 0.356 \cdot \text{차량6} + 0.950 \cdot \text{유형1} + 0.588 \cdot \text{유형3} + 1.045 \cdot \text{원인2} + 0.225 \cdot \text{원인3} + 0.478 \cdot \text{원인5} + 0.305 \cdot \text{원인6} - 0.570$
	오르막 3%이상	-
	평탄	$y = -0.602 \cdot \text{차량3} + 0.366 \cdot \text{차량6} - 0.788 \cdot \text{차량7} - 1.005 \cdot \text{차량8} + 0.326 \cdot \text{인적1} + 0.977 \cdot \text{유형1} + 0.903 \cdot \text{유형3} - 0.483$
방책 시설	가드레일	$y = -1.466 \cdot \text{차량6} - 0.739 \cdot \text{인적5} + 0.712 \cdot \text{유형1} + 0.716 \cdot \text{유형4} - 1.439 \cdot \text{노면1} - 0.973 \cdot \text{원인1} - 1.519 \cdot \text{원인2} - 1.235 \cdot \text{원인4} - 1.327 \cdot \text{원인5} + 2.320$
	고정식방호벽(127cm)	$y = 0.449 \cdot \text{날씨2} + 0.296 \cdot \text{인적3} - 0.115 \cdot \text{주야1} - 0.551$
	고정식방호벽(81cm)	$y = -0.804 \cdot \text{차량3} + 0.943 \cdot \text{유형1} + 0.955 \cdot \text{유형3} - 0.167 \cdot \text{유형5} - 0.227 \cdot \text{유형6} + 0.436 \cdot \text{원인2} - 0.010$
	녹지대	-
	이동식 방호벽	$y = 0.544 \cdot \text{차량4} + 0.389 \cdot \text{인적2} - 0.738 \cdot \text{인적3} - 0.078 \cdot \text{인적5} - 0.389 \cdot \text{날씨2} + 0.894 \cdot \text{날씨3} - 0.816 \cdot \text{주야1} + 0.971 \cdot \text{유형4} - 0.272 \cdot \text{유형6} + 2.176 \cdot \text{원인3} + 0.427 \cdot \text{원인4} + 1.127 \cdot \text{원인5} + 0.155 \cdot \text{원인6} - 0.515$
중분대없음	-	

의미하며 0과 1사이의 값 보통 0.05 이하이면 변수간의 통계적으로 유의미한 차이가 있다고 판단한다.

이러한 통계적 방법을 통해 모형의 적합도를 검증하고 모형을 선정하였다. 도출된 모형 식을 통해 종속변수에 대하여 유의한 영향을 미치는 개별 인자들을 확인할 수 있으며, 도출된 모형식에 판별식을 적용하면 사고등급에 대한 구분이 가능하게 된다. 모형식의 값이  $y > 0$ 이면 관측대상은 B등급에 속하게 되고  $y < 0$ 이면 관측대상은 C등급에 속하게 된다(노형진, 2003).

분석결과 총 10개의 모형이 구축되었으며, 우커브 500m 미만, 좌커브 500m 미만과 내리막 3% 이상, 오르막 3% 이상, 녹지대, 중분대없음은 표본 수가 15건 이하로 부족함에 따라 모형이 구축되지 않았다.

이와 같은 모형을 토대로 기하구조별 교통사고등급을 결정짓는 주요 인자들을 확인하고 분석을 실시한다.

## 5.2. 모형의 검증

모형을 구축한 후에는 변수선정과 통계적 방법의 적절성, 자료수집의 대표성, 변수간의 상호연관성, 결과의 타당성 등을 검증하는 절차가 필요하다. 이러한 타당성을 검증하기 위해 본 연구에서는 오판별율을 추출하였다.

오판별율은 모형식을 이용해서 목적변수의 값을 예측하고 그 값의 플러스, 마이너스에 의해서 그룹의 판별을 실시하는 것이다. 오판별율의 판별방식은  $y$ 와 예측치의 곱이 0보다 작으면 오판별,  $y$ 와 예측치의 곱이 0보다 크면 정판별로 판별하여 전체 모형식의 판별 정확성을 검증해낸다(노형진, 2003).

일반적으로 모형을 검증하기 위해선 집단을 일단 임의로 분석표본과 검증표본으로 나누어 분석표본으로 판별함수를 도출한 다음 그것을 검증표본에 적용시키는 방법을 많이 이용한다(박병호, 2007).

그러나 본 연구에서는 표본수가 부족한 점을 감안하여 적합성 검증을 실시하기 위해 전체 표본으로 모형을 구축하고 이 모형에 같은 표본을 다시 적용하여 함수의 예측 정확도를 알아보는 방법으로 대체하였다.

그 결과 모형의 검증에 있어 99.63%~99.96%의 비교적 높은 정확성을 나타냈으며, 그 중에서도 평면선형의 좌커브 500m 이상은 99.96%로 가장 높은 예측력을 가지고 있었다.

## 5.3. 사고요인 분석

모형구축의 결과를 통해 경부고속도로 서울방향 동대구JCT에서 양재IC구간의 기하구조 구분에 따른 사고등급에 영향을 주는 인자들을 추출하여 표 6과 같이 정리하였다.

사고요인 분석결과 평면선형에는 승합차가 공통 사고요인으로 작용하였으며, 우커브 500m 이상에는 도로사정, 보행과 횡단, 통행위반과 같은 보행자요인이 작용하는 것으로 파악되었다.

좌커브 500m 이상에서는 화재, 직선에는 차대 사람의 사고가 사고등급을 결정하는데 주요한 변수로 영향

력을 갖고 있고, 그 밖의 적재불량, 졸음 등으로 인한 사고발생과 화물차, 충돌로 인한 사고가 사고등급에 영향을 끼치는 것으로 나타났다.

중단구배의 경우 차대 사람의 사고와 차종으로는, 트레일러·특수차량이 공통된 변수로 작용하였다. 또 내리막 3% 미만에서는 차대 사람의 유형이, 오르막 3% 미만에서는 승합차가 평탄에서는 제동장치가 주요한 변수로 작용하였다.

표 6. 기하구조에 따른 판별정확성

구 분		모형식 (%)
평면 선형	우커브 500m 미만	-
	우커브 500m 이상	99.84%
	좌커브 500m 미만	-
	좌커브 500m 이상	99.96%
중단 구배	직선	99.85%
	내리막 3% 미만	99.83%
	내리막 3% 이상	-
	오르막 3% 미만	99.93%
	오르막 3% 이상	-
방책 시설	평탄	99.86%
	가드레일	99.63%
	고정식방호벽(127cm)	99.84%
	고정식방호벽(81cm)	99.91%
	녹지대	-
	이동식방호벽	99.95%

그 밖의 적재불량, 엔진과열, 전기장치, 과속 등이 사고원인이었으며, 단독, 추돌, 화재의 사고유형이 사고등급을 결정짓는데 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 또한 노면이 건조하거나 습기가 잦을 때 사고등급에 영향을 끼치는 것으로 나타났다.

방책시설의 경우 주시태만과 핸들과대조작이 공통 사고요인이었으며, 사고유형과 원인차종은 다양하게 나타났다. 가드레일에는 도로사정, 보행과 횡단, 통행위반과 같은 보행자 요인과 노면이 건조한 것, 승합차가 사고등급에 영향을 끼치는 요인으로 나타났다. 또한 고정식방호벽(127cm)에는 호린 날씨, 고정식방호벽(81cm)에는 화재, 이동식방호벽에는 트레일러·특수차량이 주요인으로 나타났다. 그 밖의 과속, 졸음, 핸들과대조작, 노면잡물과 차종으로는 승용차, 화물차의 사고가 영향을 끼치며, 단독사고 또한 사고등급을 결정짓는데 영향이 존재하는 것으로 나타났다.

표 7. 기하구조에 따른 사고요인

구 분	사 고 요 인	
평면 선형	우커브 500m 미만	-
	우커브 500m 이상	적재불량, 기타(도로사정, 보행과횡단, 통행위반), 졸음, 충돌, 승합
	좌커브 500m 미만	-
	좌커브 500m 이상	차-사람, 화재, 승합(중대형), 화물(중형)
	직선	차-사람, 승합(중대형)
종단 구배	내리막 3% 미만	차-사람, 추돌, 단독, 승합(중대형), 트레일러·특수차량, 노면건조, 노면습기
	내리막 3% 이상	-
	오르막 3% 미만	적재불량, 기타(도로사정, 보행과 횡단, 통행위반) 차-사람, 화재, 승합(중대형), 트레일러·특수차량, 화물(중형), 화물(대형)
	오르막 3% 이상	-
	평탄	엔진과열, 전기장치, 기타, 제동장치, 과속, 차-사람, 화재
방책 시설	가드레일	기타(도로사정, 보행과횡단, 통행위반), 핸들과대조작, 차-사람, 추돌, 건조, 승합, 승용차, 화물차
	고정식방호벽(127cm)	흐림, 주시태만, 주간
	고정식방호벽(81cm)	엔진과열, 차-사람, 화재, 차-시설, 단독, 승합(중대형)
	녹지대	-
	이동식방호벽	노면잡물, 졸음, 주시태만, 핸들과대조작, 비, 흐림, 주간, 추돌, 단독, 트레일러·특수차량, 승용차, 화물(중형), 화물(대형)
	증분대없음	-

## 6. 결론 및 향후 연구과제

도로상에서 발생하는 교통사고를 조사하여 어떠한 문제가 있는지를 진단하고, 사고발생에 영향을 미치는 요인을 추출하는 것은 매우 중요한 문제이다.

본 연구에서는 이러한 점을 기반으로 고속도로 기하구조별 사고등급에 영향을 끼치는 요인을 분석하기 위해 경부고속도로 서울방향 동대구 JCT에서 양재 IC 구간 내 사고지점들을 대상으로 수량화이론 제 2류에 의한 모형화를 통해 다음과 같은 결론을 도출하고 있다.

첫째, 기하구조에 따른 고속도로 사고등급을 판별할 수 있는 모형 10개를 개발하였다. 수량화이론 제 2류에

의한 모형으로 이러한 모형을 실제 자료에 적용하였을 경우 대체적으로 판별정확성이 높은 결과가 나타났다.

둘째, 사고등급에 영향을 미치는 요인들을 살펴보면 평면선형의 경우 차종으로는 승합차, 사고유형은 차대 사람이 공통인자이며, 승합차가 많고 차대 사람 사고가 많을수록 B등급의 사고가 많은 것으로 나타났다. 또한, 종단구배의 경우 사고유형에는 차대 사람이, 차종으로는 트레일러·특수차량이 공통요인으로, 차대사람 사고와 트레일러·특수차량이 많을수록 B등급의 사고가 높은 것으로 나타났다. 방책시설은 주시태만과 흐린 날씨가 공통인자이고 주시태만이 많을수록 C등급의 사고가 많으며 흐린 날씨가 많을수록 B등급의 사고가 많이 발생하는 것으로 나타났다.

셋째, 구축된 모형결과의 타당성을 검증하기 위하여 모형 구축에 이용되었던 수집 자료를 개발된 모형에 다시 적용하여 사고등급을 제대로 판별하는지에 대한 예측 정확도를 알아본 결과 99.63%~99.96%로 비교적 높은 판별정확성을 가짐을 알 수 있다.

이상 결과를 바탕으로 고속도로 사고등급에 따른 요인분석을 통해 기하구조에 따른 각 영향요인을 찾아냄으로써 고속도로 교통사고를 예측하고 고속도로 내 기존 및 신설 구간의 안전성 평가 항목에의 적용성이 높은 것으로 판단된다. 또한 차후 안전성 향상 도모를 위한 개선방안 검토 시 참고자료로 활용 가능할 것이라 기대된다.

본 연구에서 제시한 고속도로 교통사고 등급별 예측 모형이 가지고 있는 단점을 보완하기 위한 향후 연구되어야 할 사항은 다음과 같다.

먼저 본 연구에서는 표본 수 부족으로 인해 사고등급 A의 모형과 평면선형의 우커브 500m 미만, 좌커브 500m 미만, 내리막 3% 이상, 오르막 3% 이상, 녹지대, 증분대없음에 관한 모형이 제대로 구축되지 못했으며, 모형결과 검증에 있어 분석표본과 검증표본을 나누어 분석하지 못한데 한계가 있다.

따라서 향후 연구에 있어서 보다 많은 수의 데이터를 이용한다면 보다 신뢰성 높은 모형을 구축할 수 있을 것이라 판단된다.

또한, 구축된 모형에 고려된 변수 이외에 문헌적으로 고속도로 교통사고와 밀접한 관계를 보이는 것으로 판단되는 변수에 있어서 통계적으로 유의하지 않게 나타난 변수에 대한 연구가 추가적으로 필요하다. 실질적으로 과속이나 졸음 등 인적 사고원인들이 교통사고에 영향을 많이 끼치나 본 연구에서는 사고등급을 결정짓는



데 영향이 미비한 것으로 나타났다. 이는 보다 구체적인 변수 처리방안이 논의되어야 한다고 본다.

마지막으로 고속도로 교통사고 등급을 결정짓는 데 영향을 미치는 요인에는 주변 환경요소 외에도 교통량, 차로수, 운전자에 대한 인적요소 등 다양하고 폭넓은 요인들이 존재한다. 그러나 본 연구에서는 기하구조별 주변 환경요소만을 고려한 데 한계가 존재함에 따라 보다 정확하고 세밀한 분석을 위해 고속도로 교통사고에 관련된 모든 요소를 고려한 사고예측 분석이 이루어져야 할 것이다.

#### 참고 문헌

- 김숙희, 장정아, 최기주(2005) "사고다발지점의 안전성능진단 및 위치별 사고요인분석", *대한교통학회지* 제23권, 제1호, pp. 9-20
- 노형진(2003). *SPSS에 의한 다변량 데이터의 통계분석*, 효산
- 박병호, 임민희, 박상혁, 이영민(2007) "판별모형을 통한 청주시 비신호교차로 사고요인 분석", *대한국토·도시계획학회지*, 제42권, 제7호, pp. 195-206
- 오주택, 성낙문, 하오근(2005) "국도변 신호교차로 안전성 향상을 위한 사고예측모형개발", *대한토목학회논문집*, 대한토목학회, 제25권, 제1D호, pp. 9-15
- 오홍운(2009) "도로선형설계요소의 표준편차를 이용한 설계 일관성과 교통사고와의 상관성", *한국도로학회 논문집*, 한국도로학회, 제11권, 제2호, pp. 159-166
- 유두선, 오상진, 김태영, 박병호(2008) "주·야간 교통사고의 특성 및 사고모형 비교분석", *대한토목학회논문집*, 대한토목학회, 제28권, 제2D호, pp. 181-189
- 이용미, 이영인(2007) "도시부 신호교차로 안전성 향상을 위한 사고 요인 분석", *한국ITS학회 제6회 추계학술대회 및 정기총회*, pp. 92-99
- 이종학, 조혜진(2004) "도로선형의 일관성과 교통사고의 상관도 분석 연구", *대한토목학회 정기학술대회*, pp. 3849-3852
- Chin, H. C. and M. A. Quddus(2003) "Applying the Random Effect Negative Binomial Model to Examine Traffic Accident Occurrence at Signalized Intersections", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 35, No. 2, pp. 253-259
- Wang, IEDA, Hitosi(1997) "Effects of Driver's Age, Flow Rate and some other Road Environment Related on Traffic Accidents at Four-Legged Signalized Intersection" *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 2, No. 5, pp. 1723-1735
- Yan, X, E. Radwan and M. Abdel-Aty(2005) "Characteristics of Rear-end Accidents at Signalized Intersections Using Multiple Logistic Regression Model", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 37, No. 6, pp. 983-995

접 수 일 : 2011. 4. 20

심 사 일 : 2011. 4. 21

심사완료일 : 2011. 8. 10