

고속도로 유출·입부의 교통사고 판별모형에 관한 연구

The Study on Discriminant Model of Traffic Accidents at the Interchange of Freeway

김 봉 곤

(한국도로공사 교통처 차장)

오 영 태

(아주대학교 환경건설교통공학부 교수)

목 차

I. 서론	IV. 교통사고 판별모형 정립
1. 연구배경 및 목적	1. 방법론
2. 연구범위 및 방법	2. 분석결과
II. 관련 연구 검토	3. 모형 정립
1. 회귀분석에 의한 방법	4. 검정
2. 포아송 및 음이항 회귀식을 이용한 방법	V. 결론
III. 고속도로 유출·입부 교통사고 및 기하구조 현황 분석	1. 결론
	2. 향후 과제
	참고문헌

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

고속도로는 일반국도에 비하여 높은 속도로 많은 교통량이 장거리 주행이 가능하도록 높은 기준으로 설계, 유지되고 있으며 고속도로에서의 사고는 본선 뿐만 아니라 고속도로 입·출구 부에서도 지속적으로 발생되고 있다. 특히 고속도로 입·출구부의 경우에 다른 곳과 달리 유입차량의 경우 본선에 합류하려면 유입연결로에서의 급가속이 필요하고, 유출차량의 경우 본선을 빠져나와 유출연결로에서 급감속이 필요하기 때문에 고속도로의 다른 어느 지점에서보다 연결로의 기하구조가 중요할 것이라 판단되며, 이러한 기하구조에 따른 교통사고 발생확률을 사전에 예측하기 위하여 본 연구가 필요하게 되었다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 공간적 범위는 현재 건설되어 운영 중인 전체 고속도로 진·출입 IC의 연결로를 대상으로 하되, 고속도로 진·출입 IC 중 기하구조

요소에 대한 자료를 구할 수 있는 63개 진·출입 IC를 대상으로 연구를 수행하였다.

이 IC들의 교통사고 현황을 통하여 교통사고 발생에 영향을 미치는 요인을 분석하고 모형을 구축하는데 있어서 인적요인, 자동차 요인을 제외한 기하구조와 같은 도로환경요인에 중점을 두었다.

II. 관련 연구 검토

1. 회귀분석에 의한 방법

선형회귀식은 교통사고예측모형에 가장 널리 이용되는 모형으로서 사고요인변수와 사고율간의 평균적인 관계를 잘 표현할 수 있다는 장점이 있다(최재성, 1995). 선형회귀식은 일정 기간 동안 사고가 발생하지 않았거나 사고건수가 매우 적을 경우에는 사고건수와 같은 양(positive)의 값을 같은 종속변수에 대하여 음(negative)의 사고건수를 예측할 수 있다는 단점이 있다.

A. K. Raymond 등 (1992)은 평면곡선구간의 운전부하(EWL; Effective WorkLoad)에 대한 사고건수와의 관계를 파악하기 위해 카이제곱

분석(chi-square analysis)을 수행하였으며, 평균 사고율과 EWL의 평균값에 대한 회귀분석(선형 함수, 이차함수, 로그함수(logarithmic))을 수행하였다. 이상의 3가지 형태의 모형식 중 R^2 , F값, T값, 잔차분석을 통하여 검증결과가 가장 우수한 이차함수 형태의 모형을 최적 모형식으로 제시하였다.

$$\text{모형식: } Y = 4.95 - 10.6179x + 6.8088x^2$$

여기서, Y : 각 방향에 대한 평균사고율
 x : 각 방향에 대한 EWL의 평균값

2. 포아송 및 음이항 회귀식을 이용한 방법

포아송 회귀식(poisson regression)과 음이항 회귀식(negative binominal regression)은 임의적으로 이산적인 사건을 모형화 하기 위한 적절한 기법으로 알려져 있으며, 종속변수를 교통사고건수로 하는 교통사고예측모형의 개발에 널리 이용되고 있다.

포아송 모형은 분산을 평균의 함수로 간주하여 종속변수의 분포를 1개의 변수를 이용하여 설명하기 때문에 매우 간편하다는 이점이 있으나, 과분산(overdispersion)이 발생할 경우 이를 설명할 수 없다는 단점이 있다. 반면 음이항 모형은 포아송 모형에서 발생할 수 있는 과분산의 편차를 인정하고 이를 고려하기 위하여 과분산 파라미터(k)를 추가한다. 과분산 파라미터(k)가 0이라면 포아송 모형과 음이항 모형은 동일하다. 그러나 음이항 모형은 시·공간적 변화를 고려하지 못한다는 단점이 있다.

R. Kulmala 등 (1998)은 포아송 회귀식을 이용하여 사고예측모형을 개발하였다. 그리고 개발된 모형을 이용하여 사고감소에 영향을 미치는 요인인 곡선구간의 편평화(flattening), 곡선구간의 확장(widening), 완화구간의 추가, 편경사의 개선 등이 사고에 미치는 영향정도를 수치화 하였다. 분석결과 완화곡선의 추가에 의해서 사고율이 5% 정도 감소했으며, 곡선구간의 편평화, 확장, 그리고 편경사의 개선은 사고율을

크게 감소시켰다.

$$\text{모형식: } Y = K \times S^a \times \exp\left(\sum_i b_i x_i\right)$$

여기서, Y : 사고건수
 K : 포장종류
 S : 제한속도
 x_i = {도로폭, 시거가 300m 이상인 구간의 구성비, 중차량 구성비, 평균곡률}

III. 고속도로 유출·입부 교통사고 및 기하구조 현황 분석

본 연구에서는 고속도로 인터체인지 유출·입부에서 일어나는 교통사고에 대하여 교통사고 발생예측 모형을 구축하기 위해 2003년도부터 2005년까지의 고속도로에서 일어난 사고에 대한 한국도로공사 자료를 기반으로 하고 있다. 2003년부터 2005년까지 한국도로공사의 고속도로 인터체인지 유출·입부에서 일어난 교통사고에 대한 기하구조 요소를 파악하였다.

그러나 자료수집 중 기하구조 요소가 누락되어 있거나 위치가 확인되지 않은 램프에 대해서는 본 연구에 포함시키지 않았으며 모든 기하구조 요소가 수집될 수 있는 63개 지역의 램프를 대상으로 곡선반경(m), 곡선장(m), 종단경사, 횡단경사, 가감속 차로장(m), 길어깨폭(m)에 대한 자료를 수집하였다.

또한 본선에서의 높은 속도로 인하여 유출 차량들이 연결로를 통과시 사고가 날 가능성이 많을 것이라는 가정하에 전체 63개 사고자료에 대한 분석과 더불어 37개의 유출연결로에서 발생한 사고 자료에 대한 분석을 실시하였다.

<표 1> IC별 교통사고 및 기하구조 현황

번호	지사	램프명	램프형식	방향	조사지점		사고 건수	곡선반경 (m)	곡선장 (m)	종단 경사	횡단 경사	가감속 차로장(m)	길이개 폭(m)
					진입	진출							
1	시흥	시흥IC	클로우버형	판교	진입	B램프	1	40	60	5.9	6.0	220	3.0
2	순천	광양IC	트럼펫형	순천	진출	C램프	1	40	67	4.9	6.0	135	3.0
3	시흥	시흥IC	클로우버형	일산	진출	A램프	1	40	100	5.4	-6.0	110	3.0
4	논산	논산IC	트럼펫형	대전	진출	C램프	1	49	90	-3.0	4.5	282	2.3
5	시흥	신천IC	트럼펫형	인천	진입	B램프	4	50	64	2.6	-6.0	150	3.0
6	시흥	산본IC	트럼펫형	판교	진출	B램프	3	50	94	-5.1	6.0	110	3.0
7	이천	이천IC	이중트럼펫형	강릉	진출	B램프	4	54	132	-3.5	-8.0	530	2.3
8	인천	계양IC	변형클로버형	일산	진출	E램프	2	55	300	-5.0	8.0	64	2.5
9	인천	계양IC	변형클로버형	판교	진출	I램프	2	55	326	-3.1	8.0	56	2.5
10	진주	진주IC	트럼펫형	부산	진출	B램프	0	55	330	4.1	8.0	120	3.5
11	창원	동창원IC	이중트럼펫형	부산	진출	C램프	1	59	40	5.0	6.0	200	3.0
12	대구	경산IC	이중트럼펫형	부산	진출	E램프	2	60	120	-3.5	-6.0	140	2.5
13	상주	상주IC	트럼펫형	양평	진입	B램프	0	60	466	3.4	-8.0	681	4.0
14	합평	무안IC	이중트럼펫형	무안	진출	B램프	1	61	99	-1.9	6.0	264	3.0
15	천안	천안IC	트럼펫형	서울	진출	D램프	5	65	209	3.1	6.0	338	1.5
16	수원	수원IC	트럼펫형	서울	진입	B램프	4	80	100	1.8	6.0	192	2.4
17	합평	무안IC	이중트럼펫형	서울	진출	H램프	0	80	195	-5.9	6.0	164	3.0
18	인천	계양IC	변형클로버형	판교	진출	B램프	0	80	234	-2.7	5.2	70	2.5
19	천안	청주IC	이중트럼펫형	서울	진출	E램프	2	90	173	3.3	6.0	369	1.5
20	화성	청북IC	트럼펫형	평택	진출	D램프	0	90	475	-2.0	-2.0	280	3.0
21	대구	경산IC	이중트럼펫형	부산	진입	D램프	2	98	220	-4.8	-5.0	330	2.5
22	인천	계양IC	변형클로버형	판교	진입	A램프	0	100	406	1.5	8.0	102	2.5
23	논산	논산IC	트럼펫형	대전	진입	B램프	1	102	60	2.5	6.4	240	2.2
24	창원	동창원IC	이중트럼펫형	순천	진출	D램프	3	110	79	4.4	5.0	220	3.0
25	천안	천안IC	트럼펫형	부산	진입	B램프	0	110	220	3.7	6.0	412	1.5
26	순천	진원IC	트럼펫형	부산	진출	D램프	1	110	290	4.4	6.0	90	3.0
27	논산	논산IC	트럼펫형	논산	진입	E램프	2	112	145	3.8	3.6	250	2.4
28	진천	용성IC	트럼펫형	하남	진출	B램프	1	120	40	3.3	6.0	220	3.0
29	진주	진주IC	트럼펫형	순천	진출	D램프	1	130	350	5.4	2.0	120	2.5
30	천안	청주IC	이중트럼펫형	부산	진입	C램프	4	140	205	-3.1	6.0	398	1.5
31	대구	경산IC	이중트럼펫형	서울	진입	C램프	3	150	120	-4.3	-6.0	160	2.5
32	군위	군위IC	트럼펫형	춘천	진출	A램프	3	150	214	6.0	2.0	200	2.5
33	천안	청주IC	이중트럼펫형	서울	진입	D램프	0	150	227	-3.0	6.0	328	1.5
34	합평	무안IC	이중트럼펫형	서울	진출	E램프	1	150	264	-4.6	6.0	291	3.0
35	인천	김포IC	변형클로버형	판교	진출	E램프	0	150	958	-5.0	6.0	360	2.5
36	이천	덕평IC	트럼펫형	인천	진출	B램프	3	160	160	3.7	-5.0	333	2.8
37	대구	북대구IC	이중트럼펫형	서울	진출	D램프	1	170	102	-4.2	-8.0	370	2.5
38	시흥	산본IC	트럼펫형	판교	진입	C램프	5	172	119	5.1	6.0	150	3.0
39	인천	계양IC	변형클로버형	일산	진출	D램프	1	175	200	-4.4	6.0	96	2.5
40	시흥	시흥IC	클로우버형	판교	진출	F램프	2	180	107	-6.4	4.0	100	3.0
41	창원	동창원IC	이중트럼펫형	부산	진입	B램프	1	180	122	5.0	6.0	200	3.0
42	시흥	시흥IC	클로우버형	판교	진입	G램프	1	180	150	4.7	4.0	100	3.0
43	시흥	시흥IC	클로우버형	일산	진출	H램프	0	180	160	-2.0	4.0	100	3.0
44	합평	무안IC	이중트럼펫형	서울	진입	D램프	0	180	293	5.8	5.0	37	3.0
45	천안	천안IC	트럼펫형	부산	진출	C램프	4	180	327	-4.7	5.0	466	1.5
46	인천	김포IC	변형클로버형	판교	진입	A램프	0	183	252	4.8	6.0	48	2.5
47	대구	경산IC	이중트럼펫형	서울	진출	B램프	1	200	100	-3.5	-6.0	200	2.5
48	영주	예천IC	트럼펫형	춘천	진출	A램프	3	200	204	-3.6	-8.0	350	2.0
49	합평	무안IC	이중트럼펫형	서울	진입	I램프	0	200	252	5.7	3.0	132	3.0
50	수원	수원IC	트럼펫형	부산	진입	E램프	0	206	140	4.9	2.0	448	2.8
51	천안	청주IC	이중트럼펫형	부산	진출	B램프	3	210	247	4.7	6.0	364	1.5
52	시흥	신천IC	트럼펫형	인천	진출	C램프	5	220	139	-2.6	-6.0	90	3.0
53	영주	예천IC	트럼펫형	부산	진출	C램프	1	235	146	-5.8	-7.0	160	2.0
54	부안	동군산IC	트럼펫형	서울	진출	B램프	0	250	260	4.9	6.0	290	3.0
55	이천	이천IC	이중트럼펫형	인천	진출	E램프	1	250	339	4.1	-5.0	160	2.5
56	인천	계양IC	변형클로버형	일산	진입	C램프	0	250	463	3.5	6.0	115	2.5
57	인천	김포IC	변형클로버형	일산	진입	C램프	0	265	195	3.5	5.0	60	2.5
58	순천	진원IC	트럼펫형	순천	진출	C램프	3	270	200	-3.0	4.0	90	3.0
59	대구	북대구IC	이중트럼펫형	서울	진입	E램프	0	270	226	-3.5	-5.0	270	2.5
60	천안	천안IC	트럼펫형	서울	진입	E램프	1	280	240	2.3	3.0	458	1.5
61	화성	청북IC	트럼펫형	평택	진입	E램프	0	300	835	0.5	4.0	280	3.0
62	이천	이천IC	이중트럼펫형	강릉	진입	C램프	0	320	230	3.5	-5.0	370	2.5
63	인천	김포IC	변형클로버형	판교	진입	F램프	0	655	817	-1.5	3.0	173	2.5

IV. 교통사고 판별모형 정립

1. 방법론

1) 상관분석 방법

두 변수간의 관계의 정도를 분석하는 방법 중에 가장 많이 사용되는 것은 피어슨의 상관계수로 두 변수간의 선형관계를 나타내는 계수이다. 상관계수는 두 변수간의 관계를 수치로 나타내기 때문에 두 변수간의 정확한 관계를 파악할 수 있다.

두 확률변수 X와 Y에 대하여 δ_{XY} , δ_{XY} 을 각각의 분산이라 하고, δ_{XY} 를 X와 Y의 공분산이라고 할 때, X와 Y의 상관계수(correlation coefficient)는 r로 표현하며 상관계수 r는 두 확률변수의 공분산 δ_{XY} 를 각 확률변수의 표준편차의 곱 $\delta_X \cdot \delta_Y$ 로 나눈값으로 항상 $-1 \leq r \leq 1$ 의 조건을 만족한다.

상관관계가 존재한다는 것은 변수들 간의 상관관계로 인하여 설명변수의 종속변수에 대한 영향력을 올바르게 측정할 수 없게 된다는데 그 문제가 있다. 종속변수에 이러한 잘못된 영향을 미칠 수 있는 상관관계를 파악하기 위해 상관분석을 하였고, 그 결과 일반적으로 변수간 상관관계가 0.5에 가깝거나 그 이상의 상관관계를 보이면 변수 간에 유의미한 상관관계가 있다고 볼 수 있다.

2) 집단평균의 동질성에 대한 검정 방법

집단평균의 동질성에 대한 검정이란 각 설명변수가 종속변수의 결과에 대하여 영향을 미치는 정도를 판단하는 검정방법으로써 설명변수의 유의확률이 0에 가까울수록 그 변수는 종속변수의 두 집단을 구분하는데 가장 유용한 변수일 것이라 추정할 수 있다.

그러므로 곡선반경, 곡선장, 종단경사, 횡단경사, 가감속차로장, 길어깨폭이 각각 사고발생여부에 영향을 주는 정도를 파악하여 최적의 모형을 만들기 위한 설명변수를 선정하기 위해 집단평균의 동질성에 대한 검정을 실시하였다.

3) 판별분석 방법

판별분석(discriminant analysis)은 한개 이상의 설명(독립)변수를 가지고 집단(종속)변수에

대한 계량적인 판별기준 즉, 판별함수를 만들어 평가대상이 어느 집단에 속하는가를 예측하는 방법이다. 종속변수의 경우 명목 또는 순서척도가 사용되어 기존에 있는 데이터를 바탕으로 관찰되어지는 개체들을 몇 개의 그룹(주로 두 그룹이나 세 그룹 이상으로 분류도 가능)으로 분류하게 되며, 독립변수는 등간척도나 비율척도가 사용된다.

판별분석은 분류되어 있는 집단간의 차이를 의미 있게 설명해 줄 수 있는 독립변수들을 찾아내고 이들의 선형결합(linear combination)으로 다음과 같은 판별식을 만들어내어 이 식에 분류하고자 하는 각 대상들의 특성을 대입해서 각 대상들이 속하는 집단을 찾아내기 위한 것이다.

$$Z = W_1X_1 + W_2X_2 + W_3X_3 + \dots + W_nX_n$$

여기에서 Z : 판별점수 (discriminant)

W_i : i 번째 독립변수의 가중치 (판별함수 계수, discriminant weight)

X_i : i 번째 독립변수 (독립변수, independent variable)

판별분석은 개별적인 변수만을 이용하여 집단을 분류할 때보다 여러 개의 의미 있는 변수들을 동시에 고려하여 집단간의 차이를 나타내는 장점을 가지므로 보다 의미 있는 결과를 나타내는 경우가 많다.

자료들로부터 판별함수를 얻으면, 이로부터 각 그룹내의 개체마다 판별점수를 모두 구하고, 그룹마다 판별점수의 평균을 구한 것을 그룹의 중심(centroid)이라 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.

판별분석의 목적을 요약하면 다음과 같다.

- 미리 규정된 그룹들의 판별점수의 평균들이 통계적으로 유의한 차이가 있는가를 검정한다.
- 판별함수를 이용하여 새로운 개체를 분류한다.
- 그룹간의 차이를 어떤 독립변수가 가장 많이 설명하여 주는가를 찾아낸다.

2. 분석결과

1) 상관 분석

본 연구에서 사용한 기하구조 자료에 대한 상관분석 결과는 아래 표와 같다. 이 표에서의 각 설명변수간 상관관계는 대체로 낮은 것으로 분석되었다. 그러나 곡선반경과 곡선장의 관계가 0.45으로 다소 높게 나와 곡선반경과 곡선장 사이에는 어느 정도의 상관관계가 존재한다고 판단된다.

종속변수에 이러한 잘못된 영향을 미칠 수 있는 상관관계를 파악하기 위해 상관분석을 하였고, 그 결과 일반적으로 변수간 상관관계가 0.5에 가깝거나 그 이상의 상관관계를 보이면 변수 간에 유의미한 상관관계가 있다고 볼 수 있으므로 판별분석시 곡선반경과 곡선장 두 변수 중 하나를 제외한 채 분석을 실시하였다.

<표2> 유입 및 유출 연결로의 기하구조 요소간 상관관계

구분	곡선 반경 (m)	곡선장 (m)	종단 경사 (%)	횡단 경사 (%)	가감속 차로장 (m)	길어깨 폭(m)
곡선반경 (m)	1.00	0.45	-0.02	-0.11	-0.01	-0.12
곡선장 (m)	0.45	1.00	-0.10	0.11	0.12	0.01
종단 경사	-0.02	-0.10	1.00	0.21	-0.04	0.18
횡단 경사	-0.11	0.11	0.21	1.00	-0.28	-0.07
가감속 차로장(m)	-0.01	0.12	-0.04	-0.28	1.00	-0.33
길어깨 폭 (m)	-0.12	0.01	0.18	-0.07	-0.33	1.00

2) 설명변수 선정

(가) 집단평균의 동질성에 대한 검정 결과

앞에서 실시한 상관분석에 의해 곡선반경과 곡선장 둘 중 하나를 제외시키기에 앞서 곡선반경, 곡선장, 종단경사, 횡단경사, 가감속차로장, 길어깨폭이 각각 사고발생 여부에 영향을 주는 정도를 파악하여 최적의 모형을 만들기 위한 설명변수를 선정하기 위해 집단평균의 동질성에 대한 검정을 실시하였다.

<표3> 집단평균의 동질성에 대한 검정

구분	변수	Wilks 랍다	F	자유도1	자유도2	유의 확률
유입 및 유출 연결로	곡선반경	0.90	6.87	1	61	0.01
	곡선장	0.72	24.25	1	61	0.00
	종단경사	0.99	0.64	1	61	0.43
	횡단경사	0.98	1.20	1	61	0.28
	가감속차로장	1.00	0.04	1	61	0.84
	길어깨폭	0.97	1.72	1	61	0.19
유출 연결로	곡선반경	1.00	0.01	1	35	0.91
	곡선장	0.76	10.82	1	35	0.00
	종단경사	0.99	0.23	1	35	0.63
	횡단경사	0.95	2.02	1	35	0.16
	가감속차로장	1.00	0.14	1	35	0.71
	길어깨폭	0.90	3.85	1	35	0.06

(나) 검정결과 분석 및 변수 선정

종속변수인 사고발생과 사고미발생의 집단평균의 동질성에 대한 검정 결과 유입 및 유출 연결로가 모두 합쳐진 63개 자료에서는 곡선장이 0.00으로써 두 집단을 구별하는데 곡선장이 가장 유용한 변수일 것으로 추정할 수 있다. 그 다음으로 곡선반경, 길어깨폭, 횡단경사, 종단경사, 가감속차로장의 순으로 종속변수의 결과에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.

이 검정결과에 대한 분석결과 모형정립에 필요한 설명변수를 선정해 보면 먼저 검정결과 유의확률이 가장 높은 곡선장과 곡선반경을 들 수 있다. 그러나 이 두 변수는 앞의 3장에서 실시하였던 상관관계 분석 결과 0.45로 상관관계가 존재한다고 판단되어 두 변수 중 하나를 제외하기로 하였다. 그 결과 종속변수에 대한 설명력이 곡선장보다 상대적으로 낮은 곡선반경을 제외하기로 하였다. 그러므로 종속변수를 설명하는데 쓰일 변수로는 곡선장, 종단경사, 횡단경사, 가감속차로장, 길어깨폭 등 5개의 변수가 선택되었다.

또한 더욱 설명력이 높은 모형을 정립하기 위하여 설명력이 약한 변수를 제외한 나머지 설명력이 상대적으로 높은 변수만을 선택하여 판별분석을 실시하였다. 그 결과 집단평균의 동질성에 대한 검정 결과 5개의 변수 중 0.43와 0.84로 종속변수에 대한 설명력이 상대적으로 낮은 종단경사와 가감속차로장을 제외한 나머지 곡선장, 길어깨폭, 횡단경사 등 3가지 변수를 가지고 판별분석을 수행하였다.

유출 연결로에서 발생한 사고자료에 대해서

집단평균의 동질성에 대한 검정 결과 위의 표에서 보다시피 곡선장이 0.00으로 종속변수의 결과를 가장 잘 추정할 수 있는 변수인 것으로 나타났다. 그러므로 유입 및 유출 연결로에서 변수를 선택한 방법과 마찬가지로 곡선장과 상관관계가 높은 곡선반경을 제외하고 나머지 5가지 변수를 가지고 판별분석을 수행하였으며, 이 중 설명력이 높은(집단평균의 동질성에 대한 검정 결과 유의확률이 낮은 값을 가진) 3가지 변수, 즉 곡선장, 횡단경사, 길어깨폭을 가지고 판별분석을 수행하였다.

<표4> 판별분석 설명변수 선정 결과

구 분		선정된 설명변수
유입 및 유출 연결로	변수 5개	곡선장, 횡단경사, 종단경사, 가감속차로장, 길어깨폭
	변수 3개	곡선장, 횡단경사, 길어깨폭
유출 연결로	변수 5개	곡선장, 횡단경사, 종단경사, 가감속차로장, 길어깨폭
	변수 3개	곡선장, 횡단경사, 길어깨폭

3. 모형 정립

3.1 유입 및 유출 연결로

1) 변수 5개 적용시

(가) 통계적 유의성 검정

판별함수의 판별력의 통계적 유의성 검정은 Wilks' lamda가 주로 사용되며, 이것은 독립변수들에 걸쳐 두 집단간에 차이가 있는지를 검증하는 것으로 유의확률이 0.00이 나온다면 그 판별함수가 통계적으로 유의하다는 것을 뜻한다.

변수 5개(곡선장, 횡단경사, 종단경사, 가감속차로장, 길어깨폭)를 적용한 판별분석 결과 Wilks의 람다의 유의확률이 0.000으로써 집단간(사고발생, 사고미발생) 평균이 같지 않으며 이 판별함수는 통계적으로 유의하다고 판단할 수 있다.

(나) 판별모형 정립 결과

유입 및 유출 연결로에서 발생한 사고자료에 대하여 표준화 정준 판별함수 모형을 구축 결과 그 계수는 아래 식과 같다.

$$Z = 0.950 \times \text{곡선장} + 0.235 \times \text{종단경사} + 0.163 \times \text{횡단경사} + 0.090 \times \text{가감속차로장} + 0.333 \times \text{길어깨폭}$$

표준화 정준 판별함수 계수를 이용하여 판별율을 알아보는 방법은 위의 식에 각 기하구조 요소를 적용하여 나온 값이 아래 함수의 집단 중심점의 1(사고발생) 또는 2(사고미발생)의 값에 가까운 값을 선택하여 사고발생 여부를 알 수 있다.

<표5> 유입 및 유출 연결로의 함수의 집단중심점 (변수 5개 적용시)

사고유무	함수
1(사고발생)	-0.490
2(사고미발생)	0.980

위와 같이 표준화 정준 판별함수 계수와 함수의 집단중심점을 이용하여 사고발생 유무를 알아보는 방법 외에 Fisher의 판별분석은 판별분석 결과 나온 두 가지 종류의 계수를 각 기하구조 요소를 적용하여 사고발생 유무를 가릴 수 있다. 그 방법은 아래와 같이 Fisher의 선형 판별분석 결과 사고발생 시의 계수와 사고미발생 시의 계수를 각각 기하구조 요소를 이용하여 적용한 다음 나온 두 값을 비교하는 것이다. 만약 사고발생 시의 계수를 사용했을 경우의 값이 사고미발생 시의 계수를 사용했을 경우보다 더 크다면 그 결과는 사고발생으로 판단된다. 즉, 두 가지 값 중 큰 값의 결과를 따르는 것이다.

Fisher의 선형 판별분석 결과 사고발생 시의 판별식과 사고미발생 시의 판별식은 각각 다음과 같다.

$$Z1(\text{사고발생}) = 0.005 \times \text{곡선장} - 0.282 \times \text{종단경사} + 0.456 \times \text{횡단경사} + 0.032 \times \text{가감속차로장} + 12.631 \times \text{길어깨폭} - 20.731$$

$$Z2(\text{사고미발생}) = 0.015 \times \text{곡선장} - 0.198 \times \text{종단경사} + 0.502 \times \text{횡단경사} + 0.033 \times \text{가감속차로장} + 13.553 \times \text{길어깨폭} - 26.646$$

2) 변수 3개 적용시

(가) 통계적 유의성 검정

변수 3개(곡선장, 횡단경사, 길어깨폭)를 적용한 판별분석 결과 Wilks의 람다의 유의확률이 0.000으로써 집단간(사고발생, 사고미발생) 평균이 같지 않으며 이 판별함수는 통계적으로 유의하다고 판단할 수 있다.

(나) 판별모형 정립 결과

유입 및 유출 연결로에서 발생한 사고자료에 대하여 표준화 정준 판별함수 모형을 구축 결과 그 계수는 아래 식과 같다.

$$Z = 0.947 \times \text{곡선장} + 0.192 \times \text{횡단경사} + 0.351 \times \text{길어깨폭}$$

<표6> 유입 및 유출 연결로의 함수의 집단중심점 (변수 3개 적용시)

사고유무	함수
1(사고발생)	-0.475
2(사고미발생)	0.950

Fisher의 선형 판별분석 결과 사고발생 시의 판별식과 사고미발생 시의 판별식은 각각 다음과 같다.

$$Z1(\text{사고발생}) = 0.010 \times \text{곡선장} + 0.136 \times \text{횡단경사} + 9.299 \times \text{길어깨폭} - 13.038$$

$$Z2(\text{사고미발생}) = 0.019 \times \text{곡선장} + 0.188 \times \text{횡단경사} + 10.242 \times \text{길어깨폭} - 18.661$$

3.2 유출 연결로

1) 변수 5개 적용시

(가) 통계적 유의성 검정

유출 연결로의 변수 5개(곡선장, 횡단경사, 종단경사, 가감속차로장, 길어깨폭)를 적용한 판별분석 결과 Wilks의 람다의 유의확률이 0.006로써 거의 0에 근접해 있기 때문에 집단간(사고발생, 사고미발생) 평균이 같지 않으며 이 판별함수는 통계적으로 유의하다고 판단할 수 있다.

(나) 판별모형 정립 결과

유출 연결로에서 발생한 사고자료에 대하여 표준화 정준 판별함수 모형을 구축 결과 그 계수는 아래 식과 같다.

$$Z = 0.863 \times \text{곡선장} - 0.155 \times \text{종단경사} + 0.249 \times \text{횡단경사} + 0.249 \times \text{가감속차로장} + 0.821 \times \text{길어깨폭}$$

<표7> 유출 연결로의 함수의 집단중심점(변수 5개 적용시)

사고유무	함수
1(사고발생)	-0.380
2(사고미발생)	1.628

Fisher의 선형 판별분석 결과 사고발생 시의

판별식과 사고미발생 시의 판별식은 각각 다음과 같다.

$$Z1(\text{사고발생}) = 0.020 \times \text{곡선장} - 0.230 \times \text{종단경사} + 0.174 \times \text{횡단경사} + 0.054 \times \text{가감속차로장} + 20.020 \times \text{길어깨폭} - 33.278$$

$$Z2(\text{사고미발생}) = 0.032 \times \text{곡선장} - 0.302 \times \text{종단경사} + 0.265 \times \text{횡단경사} + 0.058 \times \text{가감속차로장} + 23.391 \times \text{길어깨폭} - 48.415$$

2) 변수 3개 적용시

(가) 통계적 유의성 검정

유출 연결로의 변수 3개(곡선장, 횡단경사, 길어깨폭)를 적용한 판별분석 결과 Wilks의 람다의 유의확률이 0.001로써 거의 0에 근접해 있기 때문에 집단간(사고발생, 사고미발생) 평균이 같지 않으며 이 판별함수는 통계적으로 유의하다고 판단할 수 있다.

(나) 판별모형 정립 결과

유입 및 유출 연결로에서 발생한 사고자료에 대하여 표준화 정준 판별함수 모형을 구축 결과 그 계수는 아래 식과 같다.

$$Z = 0.914 \times \text{곡선장} + 0.186 \times \text{횡단경사} + 0.700 \times \text{길어깨폭}$$

<표8> 유출 연결로의 함수의 집단중심점(변수 3개 적용시)

사고유무	함수
1(사고발생)	-0.369
2(사고미발생)	1.580

Fisher의 선형 판별분석 결과 사고발생 시의 판별식과 사고미발생 시의 판별식은 각각 다음과 같다.

$$Z1(\text{사고발생}) = 0.022 \times \text{곡선장} - 0.070 \times \text{횡단경사} + 12.684 \times \text{길어깨폭} - 18.144$$

$$Z2(\text{사고미발생}) = 0.035 \times \text{곡선장} - 0.004 \times \text{횡단경사} + 15.475 \times \text{길어깨폭} - 30.821$$

4. 검정

앞에서 정립된 판별모형들의 판별능력 검정은 휘귀분석의 R²에 해당하는 것으로써 판별분석에서는 hit ratio(정확히 분류된 대상의수를 전체 대상의 수로 나눈 값으로 0과 1의 값)를 통해 모형의 판별능력을 평가하게 된다.

4.1 유입 및 유출 연결로

유입 및 유출 연결로의 교통사고 발생예측 모형을 정립해 본 결과 곡선반경을 제외한 변수 5개(곡선장, 종단경사, 횡단경사, 가감속차로장, 길어깨폭)를 적용하였을 때의 판별율은 42개의 사고발생 자료 중 40개에 대한 판별을 해냄으로써 95.24%의 판별율을 나타냈고, 나머지 21개의 사고 미발생 자료에 대해서는 10개 자료에 대해 판별을 하여 47.62%의 판별율을 나타냈었다. 그리하여 이 판별모형은 전체 63개의 자료 중 50개의 자료에 대해 판별을 해냄으로써 전체 79.37%에 대한 판별율을 가지고 있는 것으로 나타났다.

또한 집단평균의 동질성에 대한 검정 결과 사고발생 유무를 가장 잘 예측할 수 있는 변수 3개(곡선장, 횡단경사, 길어깨폭)를 적용하였을 때의 판별율은 42개의 사고발생 자료 중 40개 자료에 대하여 판별을 해냄으로써 95.24%의 판별율을 나타냈고, 나머지 21개의 사고 미발생 자료에 대해서는 9개 자료에 대해 판별을 하여 42.86%의 판별율을 나타냈었다. 그리하여 이 판별모형은 전체 63개의 자료 중 49개의 자료에 대해 판별을 해냄으로써 전체 77.78%에 대한 판별율을 가지고 있는 것으로 나타났다.

유입 및 유출 연결로의 판별모형에 대한 판별능력 검정 결과 변수 5개 모두 적용하였을 때의 판별능력이 변수 3개 만을 적용하였을 때보다 더욱 좋은 것으로 나타났다.

<표9> 유입 및 유출 연결로 판별모형의 판별율

구 분	변수 5개 적용시 (곡선장, 종단경사, 횡단경사, 가감속차로장, 길어깨폭)			변수 3개 적용시 (곡선장, 횡단경사, 길어깨폭)		
	관측치	판별치	판별율	관측치	판별치	판별율
1(사고발생)	42	40	95.24%	42	40	95.24%
2(사고미발생)	21	10	47.62%	21	9	42.86%
총 합	63	50	79.37%	63	49	77.78%
판별율	79.37%			77.78%		

4.2 유출 연결로

유출 연결로의 교통사고 발생예측 모형을 정립해 본 결과 곡선반경을 제외한 변수 5개(곡선장, 종단경사, 횡단경사, 가감속차로장, 길어깨폭)를 적용하였을 때의 판별율은 30개의 사고발생 자료 중 29개 자료에 대한 판별을 해냄으로써 96.67%의 판별율을 나타냈고, 나머지 7개의

사고 미발생 자료에 대해서는 3개 자료에 대해 판별을 하여 42.86%의 판별율을 나타냈었다. 그리하여 이 판별모형은 전체 86.49%에 대한 판별율을 가지고 있는 것으로 나타났다.

또한 집단평균의 동질성에 대한 검정 결과 사고발생 유무를 가장 잘 예측할 수 있는 변수 3개(곡선장, 횡단경사, 길어깨폭)를 적용하였을 때의 판별율은 30개의 사고발생 자료 중 30개 모두에 대하여 판별을 해냄으로써 100.00%의 판별율을 나타냈고, 나머지 7개의 사고 미발생 자료에 대해서는 3개 자료에 대해 판별을 하여 42.86%의 판별율을 나타냈었다. 그리하여 이 판별모형은 전체 89.19%에 대한 판별율을 가지고 있는 것으로 나타났다.

유출 연결로의 판별모형에 대한 판별능력 검정 결과 변수 3개를 적용하였을 때가 변수 5개 모두를 적용하였을 때보다 더욱 좋은 것으로 나타났다.

<표10> 유출 연결로 판별모형의 판별율

구 분	변수 5개 적용시 (곡선장, 종단경사, 횡단경사, 가감속차로장, 길어깨폭)			변수 3개 적용시 (곡선장, 횡단경사, 길어깨폭)		
	관측치	판별치	판별율	관측치	판별치	판별율
1(사고발생)	30	29	96.67%	30	30	100.00%
2(사고미발생)	7	3	42.86%	7	3	42.86%
총 합	37	32	86.49%	37	33	89.19%
판별율	86.49%			89.19%		

V. 결론

1. 결론

본 연구는 고속도로의 본선과 달리 유입 및 유출 차량의 급감가속이 잦은 고속도로 유출·입부 연결로에서의 기하구조 요소에 따른 사고 발생 판별모형을 구축하여 교통사고 발생을 방지할 수 있는 기하구조 설계에 도움을 주는 데 그 목적이 있다.

고속도로 인터체인지 유출·입부에서의 교통사고 판별모형을 정립하기 위하여 실제 2003년에서 2005년까지의 교통사고 자료와 각 인터체인지 유출·입부의 기하구조 요소 자료들을 이용하였으며, 자료수집 결과 2003년에서 2005년까지 고속도로 인터체인지 유출·입부에서 발생한 사고자료 중 기하구조 요소에 대한 자료가 누락되거나 논리적으로 잘못된 자료에 대해선

제외를 하였다. 그 결과 기하구조 요소가 모두 수집된 63개 자료를 이용하여 사고발생 판별모형을 구축하였으며 그 중 본선에서 높은 속도를 유지하던 차량이 연결로로 진입하였을 때 급감속으로 인하여 사고가 많이 발생할 것이라 생각되는 37개의 유출연결로에서의 사고에 대해서 별도의 분석을 실시하였다.

그리하여 유입 및 유출 연결로에서의 사고발생 자료에 대한 판별모형을 구축한 결과 기하구조 요소 5개(곡선장, 종단경사, 횡단경사, 가감속차로장, 길어깨폭)를 사용하였을 때의 판별율이 79.37%로 변수 3개(곡선장, 횡단경사, 길어깨폭)를 사용하였을 때의 판별율 77.78%보다 높은 것으로 나타났다.

그러므로 유입 및 유출 연결로에서의 판별모형은 기하구조 요소 5개(곡선장, 종단경사, 횡단경사, 가감속차로장, 길어깨폭)를 적용한 모형을 선정하였으며, 구축된 판별모형은 다음과 같다.

<표11> 선정된 유입 및 유출 연결로 사고발생 판별모형

<p>① 표준화 정준 판별모형</p> $Z = 0.950 \times \text{곡선장} + 0.235 \times \text{종단경사} + 0.163 \times \text{횡단경사} + 0.090 \times \text{가감속차로장} + 0.333 \times \text{길어깨폭}$ <p>② Fisher의 판별모형</p> $Z1(\text{사고발생}) = 0.005 \times \text{곡선장} - 0.282 \times \text{종단경사} + 0.456 \times \text{횡단경사} + 0.032 \times \text{가감속차로장} + 12.631 \times \text{길어깨폭} - 20.731$ $Z2(\text{사고미발생}) = 0.015 \times \text{곡선장} - 0.198 \times \text{종단경사} + 0.502 \times \text{횡단경사} + 0.033 \times \text{가감속차로장} + 13.553 \times \text{길어깨폭} - 26.646$

또한 유출 연결로에서의 사고발생 자료에 대한 판별모형을 구축한 결과 기하구조 요소 3개(곡선장, 횡단경사, 길어깨폭)를 사용하였을 때의 판별율이 89.19%로 90%에 가까운 판별율을 가지고 있는 것으로 나타났고, 변수 5개(곡선장, 종단경사, 횡단경사, 가감속차로장, 길어깨폭) 모두를 사용하였을 때의 판별율은 86.49%로 변수 3개(곡선장, 횡단경사, 길어깨폭)를 사용하였을 때의 모형의 판별율이 더욱 높은 것으로 나타났다.

그러므로 유출 연결로에서의 판별모형은 기하구조 요소 3개(곡선장, 횡단경사, 길어깨폭)를

적용한 모형을 선정하였으며, 구축된 판별모형은 다음과 같다.

<표12> 선정된 유출 연결로 사고발생 판별모형

<p>① 표준화 정준 판별모형</p> $Z = 0.914 \times \text{곡선장} + 0.186 \times \text{횡단경사} + 0.700 \times \text{길어깨폭}$ <p>② Fisher의 판별모형</p> $Z1(\text{사고발생}) = 0.022 \times \text{곡선장} - 0.070 \times \text{횡단경사} + 12.684 \times \text{길어깨폭} - 18.144$ $Z2(\text{사고미발생}) = 0.035 \times \text{곡선장} - 0.004 \times \text{횡단경사} + 15.475 \times \text{길어깨폭} - 30.821$

판별모형 구축 결과 고속도로 유출·입부 연결로에서의 교통사고는 곡선장에 의해 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 고속도로 유출·입부 연결로에서의 곡선장은 본선에 진입하기 위한 차량의 감속을 위해 충분한 길이가 확보되어야 하는 기하구조 요소이며, 만약 곡선장이 충분하지 못할 경우 본선 진입이나 인터체인지의 유출시 적절한 속도가 확보되지 않아 교통사고 발생확률이 높아질 것이다.

또한 그 밖에도 횡단경사와 길어깨폭도 사고발생 여부에 많은 영향을 미치는 것으로 나타나 차량의 급감속이 필요한 유출 연결로에서는 충분히 완만한 횡단경사 확보와 운전자가 위험을 느끼지 않도록 충분한 길어깨 폭을 확보하여 쾌적한 운행이 유지되도록 연결로 설계에 이 점을 충분히 반영하여야 할 것이다.

2. 향후 과제

본 연구는 고속도로 유출·입부를 대상으로 교통사고 발생 판별모형을 구축하였다. 모형을 정립하는 데에 쓰인 변수로는 각 연결로의 기하구조 요소를 이용하였으며, 그 변수는 곡선반경, 곡선장, 종단경사, 횡단경사, 가감속차로장, 길어깨폭 등 6개로써 이를 바탕으로 사고의 발생 유무를 종속변수로 두어 판별분석을 실시하였다.

그러나 판별모형 구축 결과 모든 사고에 대하여 판별을 하지 못하는 것으로 보아 교통사고는 단순히 기하구조 요소에 의해 좌우되는 것이 아니라 기타 많은 요인들이 합쳐져 발생한다는 것을 알 수 있다. 즉, 교통사고는 기하구조와 같은 도로조건 뿐만 아니라 운전자의

인적요인 또는 사고 당시의 교통조건에 의해서도 일어날 수 있다는 것이다. 이러한 모형에 있어 변수적용의 한계는 사고발생 예측에 대한 결과는 얻을 수 있지만, 기하구조 요소가 사고에 미치는 영향의 심각도에 따른 사고발생 건수에 대한 정확한 예측은 불가능하다는 것을 의미한다. 그러나 기하구조 요소를 제외한 사고 당시 교통조건이나 인적요인 같은 요인들은 정량적이지 못하거나 정량화 하기가 어려워 변수로써 이용하는데 애로사항이 존재하고, 또한 교통사고 발생시 모든 사고 원인에 대한 철저한 조사와 관리가 부족하여 자료를 얻기가 힘든 점이 있다.

그러므로 더욱 정확한 교통사고 발생 판별모형을 구축하기 위해서는 위와 같은 정성적인 자료를 정량화 하는 방법에 대한 연구가 선행되어야 하고, 교통사고 발생시 사고분석에 대한 1차적인 철저한 조사와 관리가 있어야만 가능할 것이다.

참고문헌

1. 윤병조, 「고속도로 IC 트럼펫형 연결도로 선형에 따른 교통사고 예측모형개발」, 2006
2. 황희승, 「유출부 연결로에서의 차량주행특성과 기하구조간 모형식 산출에 관한 연구」, 2005
3. 최기배, 「고속도로 분기점 연결로에서의 교통사고특성 분석에 관한 연구」, 2005
4. 강성도, 「로지스틱 회귀모형을 이용한 국도상 교통사고 요인 분」, 2004
5. 박인철, 「교통사고분석을 위한 방법론과 예측모형의 개발」, 1997
6. 공용혁, 「교통사고 개선대책 효과분석 모형 연구」, 2005
7. 강민재, 「고속도로의 교통사고 특성과 기하구조와의 상관관계 분석」, 2000
8. 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」, 건설교통부, 2000
9. 「도로 안전도 평가모형 개발 연구」 2001년도 연구보고서, 한국도로공사 도로연구소, 2001
10. 박상언, 「판별분석, 로지스틱 회귀모형」, 민영사, 2002
11. 김은저외, 「SPSS 통계분석 10」, 21세기사, 2003