

관별분석을 이용한 고속도로 교량영향권역 교통사고 특성분석에 관한 연구

Crash Characteristics within the Bridge Influence Area of Expressway Using the Discriminant Analysis

박 제 진 Park, JeJin | 정희원 · 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원 (E-mail : jjpark@ex.co.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : The bridge section of the expressway has a worse driving environment than the general section. However, traffic safety countermeasures are focused only on the bridge section. Traffic safety countermeasures on the section before entry to the bridge and the section after exit from the bridge are applied only when the bridge has a long-span section. Accordingly, this study will verify the necessity of extending the application of traffic safety countermeasures to areas that are affected by the bridge.

METHODS : This study determines the areas that are affected by the bridge as well as the areas that are affected by locations with frequent traffic accidents and suggests the risk factors by affected areas through canonical discriminant analysis. For the analysis, traffic accident data for 3 years, which occurred on bridge sections in six major expressway lines, were used.

RESULTS : The numbers of traffic accidents were 469 before the bridge, 281 on the bridge, and 468 after the bridge. The variables that have impact on the seriousness of accidents are as follows: speeding, excess manipulation of the steering wheel, and failure to secure safety distance for accidents that occurred before the bridge section; speeding, excess manipulation of the steering wheel, and dozing off for accidents that occurred on the bridge; and speeding and failure to secure safety distance for accidents that occurred after the bridge section.

CONCLUSIONS : Areas affected by the bridge show higher accident rates than the bridge section; therefore, imposing traffic safety countermeasures on the integrated section of the bridge and the affected areas is required. It is believed that the results suggested in this study could be effectively used in the prevention of traffic accidents by imposing custom-made safety countermeasures for each section.

Keywords

crash severity, bridge influence area, discriminant analysis, traffic safety countermeasures

Main Author : Park, JeJin, Researcher
Korea Expressway Corporation Research Institute,
208-96, Dongbu-daero 922 beon-gil, Dongtan-myeon,
Hwseong-Si, Gyeonggi-Do, 445-812, Korea
Tel : +82.31.371.3315 Fax : +82.31.371.3319
E-mail : jjpark@ex.co.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received Jul.9,2014 Revised Jul.9,2014 Accepted Oct.1,2014

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

우리나라의 국토는 약 70%가 산지 및 구릉지로 구성되어 있어, 고속도로의 안전한 선형설계를 위해 터널 및

교량이 불가피하게 많이 건설되어지고 있다. 교량은 우리나라 전체 고속도로의 약 10%를 차지하고 있으며, 도로교통법에 의거, 차로변경을 금지하거나 일부만 허용하는 등 운행 시 주의가 요구되는 구간으로 분류하고 있

다. 교량은 계곡 및 하천으로 단절된 구간을 교각과 교각을 슬래브 형태로 연결하여 건설하는 시설물이다. 일반적으로는 기초지반을 쌓거나 절토한 지반 위에 아스콘 및 콘크리트로 포장하는 형태로 건설됨에 따라, 지반의 지열에 의한 노면의 기온편차가 크게 발생하지 않는다. 하지만 교량은 교각과 교각 사이를 강재 슬래브로 연결하여 상층과 하층에 모두 빈 공간이 형성되어, 열을 저장하지 못해 슬래브의 온도편차가 크게 발생하는 특징이 있으며, 이로 인해 겨울철 결빙에 특히 취약하다. 또한, 주변의 협곡 및 하천에서 발생하는 안개 및 바람 등의 자연현상은 운전자의 시거불량과 차량 흔들림의 주원인으로 작용하여 주행환경을 저하시키고 있다. 고속도로의 교량에서 발생하는 교통사고는 약 19%로 전체 도로연장 대비 일반구간 보다 사고율이 높은 것으로 나타나 교량의 위험성을 뒷받침하고 있다. 이는 운전자가 교량의 기상 및 노면상태를 사전에 인지하지 못한 상태에서 갑작스러운 주행환경 변화로 인한 돌발상황의 발생에 따른 결과로 볼 수 있다.

교량의 교통안전대책 수립은 「도로안전시설 설치 및 관리지침」에 의거하여 교통안전시설을 설치하고 있으나, 교량 전·후에는 최대경간장이 50m 이상인 교량과 연장이 500m 이상인 장대교량에만 의무적으로 교통안전시설을 설치하도록 제시하고 있다. 그러나 장대교량 이외의 일반교량도 교량뿐만 아니라 교량 전·후를 포함한 구간의 안전관리의 필요성 여부는 규명이 필요한 부분이다.

이에 본 연구에서는 교량 전·후의 영향범위를 선정하여 교통사고 특성 및 원인을 규명하고자 한다. 분석에 활용된 사고자료는 고속도로 교량과 교량 전·후 영향범위에서 발생한 3년간(2008~2010년)의 통계자료를 활용하였으며, 구축된 자료의 분석을 통해 교량 전·후 및 교량 중 사고의 위험성과 주요 사고원인이 무엇인지를 판별하기 위해 판별분석모형을 적용하여 확인하였다.

본 연구의 결과는 향후 교량 및 교량 전·후에서 발생하는 사고의 주요원인을 토대로 사고예방 및 감소를 위

한 교통안전대책 수립 및 개선방안 제시에 근거자료로 활용이 가능할 것으로 예상된다.

1.2. 연구의 내용 및 방법

교통사고는 사고발생지점 전에 운전자의 판단오류로 차량의 주행행태가 변화하기 때문에 지점이 아닌 구간의 분석이 필요하다. 특히, 교량은 교량 전과 후의 노면상태, 안개, 바람 등의 자연적 환경조건이 달라 운전자의 주행행태에 영향을 미치고 있어, 교량 교통사고에 영향을 줄 수 있는 영향권역 설정이 필요하다. 고속도로의 경우, 사고찾은지점 선정 시 사고지점으로부터 반경 200m 이내(경찰청, 2014)를 영향권역으로 선정하여 기하구조 개선, 도로안전시설 설치 등을 통한 개선방향을 제시하고 있다. 이에 본 연구에서도 교량에서 발생하는 교통사고의 원인을 규명하기 위해 교량 전·후 200m를 영향권역으로 설정하였으며, 영향권역별 위험요인을 정준판별분석을 통해 제시하고자 한다. 이를 위해 고속도로 상에 설치되어 있는 주요 6개 노선의 교량을 대상으로 연구범위로 설정하고, 2008~2010년(3년) 간 발생한 교통사고자료를 분석하였다.

2. 선행연구 및 관련 기준 검토

2.1. 선행연구

국내·외에서 수행한 교량에 대한 연구는 교량의 구조적 안전성 확보를 위한 관리 및 진단 관련 내용이 대부분이며, 일부 교통사고특성을 분석한 연구가 있지만, 고려한 사고특성을 분석하여 위험요소를 제시하는 연구들이 주를 이루고 있다.

강남원(2008)은 서해안 고속도로의 교량 교통사고는 운전자 과실에 의한 사고가 71.05%로 가장 높았으며, 주요 사고원인은 전방주시태만, 졸음, 과속으로 분석하였다. 또한, 종단선형과 기상조건을 고려한 결과 곡선반경 500m 미만인 구간과 안개 낀 날에 사고율이 높게 나타나고 있음을 제시하였다. 김호덕(2001)은 기상상태가 교

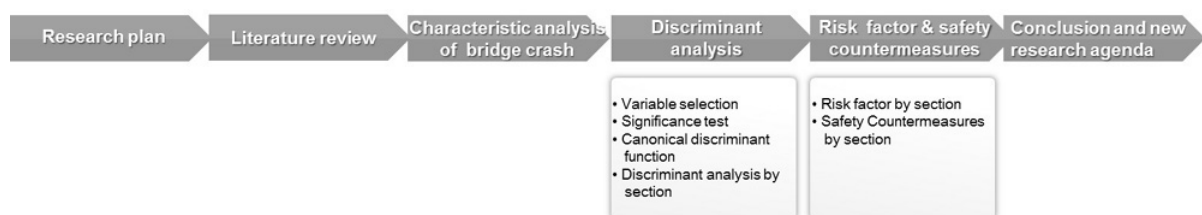


Fig. 1 Flow Chart

량사고에 미치는 영향을 분석하기 위하여 기상상태별로 사고발생률과 사고치사율을 산출하여 비교·분석하였다. 그 결과 기상상태의 변화는 사고발생률 및 사고의 치사율에 주요한 영향을 미치는 요인으로 제시한 바 있다. 또한, 적설과 강수 시에 발생한 사고율은 전체 사고율에 비해 약 8배 정도 높게 발생함을 규명하였다. 신건훈(2011)은 교량은 평지와 달리 지열이 없고 태양열에 의해서만 열을 얻으며, 하천이나 계곡을 연결하는 구간이 많아 동절기의 결빙이 발생할 확률이 더욱 높다고 분석하였다. 결빙구간에서 발생한 교통사고의 치사율은 3.83%로, 이는 건조노면일 때의 약 140%에 해당하는 수준임을 제시하였다. Koshal(1976)와 Zlatoper(1987)는 지역별 기상상태와 사망사고 발생률을 비교하였고, 도로의 노면상태가 교통상황 및 교통통제설비 보다 사고에 미치는 영향이 더 크게 발생하고 있음을 확인하였다.

본 연구에서는 교량에서 발생하는 교통사고를 예방하기 위하여 교량뿐만 아니라, 교량 전·후의 교통사고특성을 함께 고려함으로써 기존연구와의 차별성 및 독창성을 확보하고자 하였다.

2.2. 도로안전시설 설치 및 관리지침

교량에 설치되는 도로안전시설물은 「도로안전시설 설치 및 관리지침」에 의거하여 설치되며, 특수교량 및 장

대교량에 한해서만 교량과 교량 전·후를 고려하고 있다. 도로법 제11조에서 규정하고 있는 도로상에 건설하는 교량 중 현수교, 사장교, 아치교 및 최대경간장이 50m 이상인 교량과 연장이 500m 이상의 장대교량의 경우에는 교량조명, 시선유도표지, 도로전광표지, 교량용 빗금표지, 노면요철포장 등의 도로안전시설물을 교량과 교량 전·후에 설치하도록 명시하고 있다. 그러나 장대교량을 제외한 교량은 부착식표지병, 시인성증진 안전시설(교량전방 빗금표지), 국부조명, 방호울타리, 충격흡수시설, 난간, 연석 등의 시설물설치규정을 교량은 명시하고 있지만 교량 전·후에 대해서는 전무한 실정이다.

2.3. 시사점

기존의 연구에서는 교량에서 발생한 교통사고 자료를 기반으로 주요 사고원인 및 기상상황에 따른 치사율 산정 등의 위험요소를 판단하기 위한 연구가 대부분 이루어졌다. 교량은 일반구간에 비해 기하구조의 변화가 발생하는 위험한 구간이며, 교량에 대한 도로안전시설물의 관리기준은 명시하고 있으나, 교량 전·후에 대해서는 장대교량인 경우만 의무화하고 있고 일반 교량의 경우 도로관리기관의 판단에 의해 관리하고 있는 실정이다. 따라서 교량과 교량 전·후의 종합적인 위험도분석

Table 1. Guideline (General bridge)

Division	Detailed contents
Attach-type raised pavement markers	• This type of marker is attached to the road surface using adhesive without a pole. It shall be installed at locations that are frequently in contact with motor vehicles, such as bridge sections, tunnels, and centerlines / traffic lanes of one-way, one-line roads.
Structure paintings and oblique line markers	• Bridge pier and abutment shall be painted in a proper oblique direction in accordance with vehicle driving direction. Visual guide sticks would lead motor vehicles at bridge piers and abutments to prevent collision. Oblique line markers shall be installed before the bridge to clearly indicate driving lanes for motor vehicles and prevent the collision of motor vehicles with structures, such as bridge name posts.
Local lightings	• Lighting facilities shall be installed at bridges, crossings, multilevel crossings, places where road widths and road lanes rapidly change, bus stops, stores, parking lots, and resting areas so that drivers would clearly know the existence of such special places and the road lane around them.
Protective fences	• Protective fences shall be installed at required locations before and after bridges and tunnels. It will be installed when continuous installation of protective fences would be more effective than installation of guardrails on a bridge. It will be installed at required locations around a bridge.
Crash cushions	• Shock-absorbing facilities shall be installed at locations with high risk of accident among locations with risk of motor vehicle collision.
Guardrails	• On a bridge, protective fences, which prevent motor vehicles from getting out to pedestrians or outside bridges, and guardrails, which prevent bicycles from falling, are installed.
Curb	• Curbs are installed at the boundary between motor vehicle roads and pedestrian roads or at the end of the widths of bridges to prevent motor vehicles from getting out of bridge surfaces or motor vehicle roads.

을 통해 현재 교량에만 국한된 교통안전대책의 교량 전·후를 포함하는 영역으로 확대하는 방안의 검토가 필요하다.

3. 교량현황 및 교통사고특성 분석

3.1. 교량현황

우리나라에 설치된 교량은 국토교통부(도로업무편람, 2012년)¹⁾에서 제시한 총 연장을 기준으로 2,618km (27,381개소)이며, 이 중 고속도로에 설치된 교량은 1,057km(8,047개소)로 전체 교량의 약 40%를 차지한다. 여기서, 교량의 연장은 도로의 진행방향별로 상·하행 분리 교량 및 공용 교량으로 구분할 수 있지만, 공용 교량을 상·하행으로 분리하여 산정한 총 연장이다. 이에 본 연구에서는 고속도로 주요 6개 노선에 설치된 교량을 중심으로 교량과 교량 전·후에서 발생한 교통사고의 분석을 실시하였다.

Table 2. Bridge of Main & Expressway Line

(unit : round trip km)

Division	Gyeongbu	Seohaean	Jungbunaeruk	Jungbu	Jungang	Yeongdong
Total	832.2	681.6	531.2	665.0	577.4	468.8
Bridge	51.1	93.5	98.1	91.9	76.9	52.2
Rate(%)	6.1	13.7	18.5	13.8	13.3	11.1

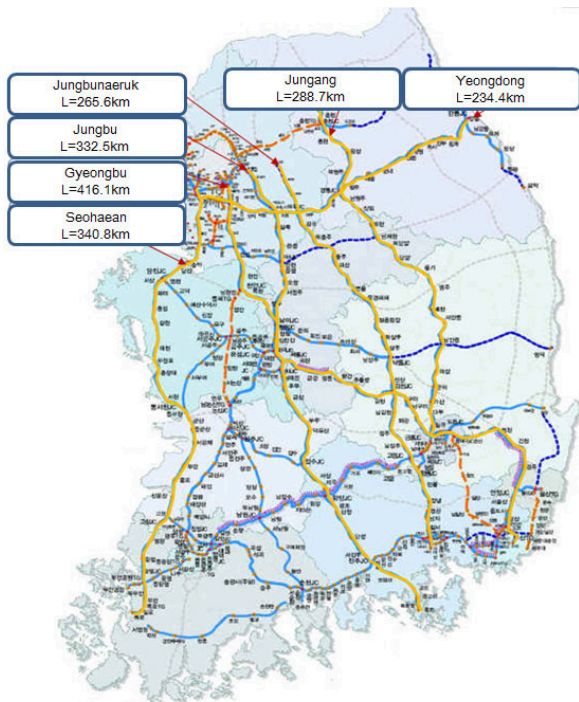


Fig. 2 Length of Main 6 Expressway Line

3.2. 교통사고특성 분석

3.2.1. 교통사고 발생건수 및 사고심각도

고속도로 교량과 교량 전·후에서 발생하는 교통사고의 분석을 위한 자료는 한국도로공사에서 수집·제공하고 있는 교통사고 속보자료(2008~2010년)를 활용하였다. 최근 3년간 교통사고는 Fig. 3과 같이 총 6,860건이 발생하였으며, 이 중 교량 전·후와 교량에서 발생하는 사고는 전체 사고의 약 19.2%인 것으로 분석되었다.

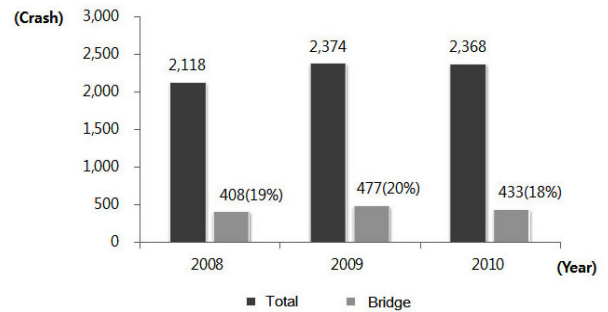


Fig. 3 Crash of Bridge Section

교량과 교량 전·후에서 발생하는 교통사고의 실질적인 위험구간을 평가하기 위해 구간을 세분화하여 분석을 실시한 결과 Fig. 4와 같이 교량 전(569건)에 발생한 사고가 가장 많았으며, 교량 후(481건), 교량(281건) 순으로 나타났다.

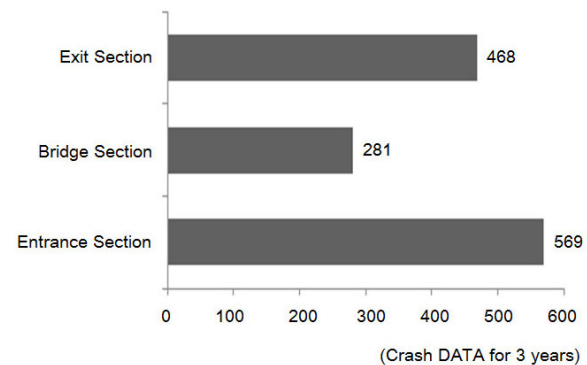


Fig. 4 Crash by Bridge Section

교량 전·후와 교량에서 발생한 사고 중 어느 구간에서 위험성이 높은 교통사고가 발생하고 있는가를 분석하기 위해 한국도로공사에서 정립한 사고등급(A~C) 기준(2005년)¹⁾을 이용하여 구간별 발생한 사고심각도분석

1) A급 : 사망 3명 이상, 사상자 10명 이상, 부상 20명 이상, 도로시설물 피해액 1,000만 원, 관련차량이 10대 이상, 5대 이상(사망사고 포함)
 B급 : 사망 1명 이상, 부상 5명 이상, 도로시설물 피해액 250만 원 이상, 관련차량 5대 이상 혹은 3대 이상(부상사고 포함)
 C급 : 부상 1명 이상, 도로시설물 피해액 30만 원 이상, 관련차량 3대 이상

을 실시하였다. 교량과 교량 전·후에서 발생한 교통사고 중 약 85.3%는 C등급의 경미한 사고로 나타났고, 약 14.7%가 B등급 이상의 인명피해를 유발하는 사고가 발생되고 있는 것으로 분석되었다. 교량은 교량 전·후에 비해 교통사고 발생건수는 낮았으나, 교통사고 발생 시 사고심각도(B등급 이상 20.0%)는 높게 나타나고 있어 사고발생 시 피해가 대형화됨을 알 수 있다. 교량에서 사고가 발생할 경우 신속한 사고처리의 어려움, 이로 인한 2차사고의 피해위험, 추락사고 발생위험 등의 영향으로 일반도로에서 발생하는 사고에 비해 사고심각도가 높아진 것으로 판단된다.

Table 3. Crash by Crash Severity

Accident severity	Total	Entrance	Bridge	Exit
A	4(0.3%)	1(0.2%)	1(0.4%)	2(0.4%)
B	190(14.4%)	88(15.5%)	55(19.6%)	47(10%)
C	1,124(85.3%)	480(84.3%)	225(80.0%)	419(89.6%)
Total	1,318	569	281	468

3.2.2. 기하구조

교량의 종단선형 및 평면선형은 주행차량의 주행행태 및 속도에 영향을 미치는 주요 요인이며, 과속은 고속도로의 교통사고와 매우 밀접한 관계를 지니고 있다. 평면선형별 교통사고 발생현황을 살펴보면 Table 4와 같이 직선구간 약 63.9%, 500m 미만의 곡선구간 약 2.4%, 500m 이상의 곡선구간 약 33.7%로 직선구간에서 가장 많은 사고가 발생하였고, 500m 미만의 곡선구간에서 가장 낮은 사고율을 보이는 것으로 분석되었다. 그리고 우커브와 좌커브의 교통사고는 유사하게 발생되고 있어, 곡선의 굽은 방향에 따른 위험도는 큰 차이 없음을 알 수 있다.

Table 4. Crash by Horizontal Alignment

Division		Total	Entrance	Bridge	Exit
Right curve	more than 500	16(1.2%)	3(0.5%)	6(2.1%)	7(1.5%)
	less than 500	219(16.6%)	106(18.6%)	41(14.6%)	72(15.4%)
Straight		842(63.9%)	348(61.2%)	195(69.4%)	299(63.9%)
Left curve	more than 500	16(1.2%)	12(2.1%)	2(0.7%)	2(0.4%)
	less than 500	225(17.1%)	100(17.6%)	37(13.2%)	88(18.8%)
Total		1,318	569	281	468

고속도로의 종단선형은 지형의 특성에 따라 경사가 발생되므로 내리막과 오르막 경사 $\pm 3\%$ 범위, 평지구간 등 총 5가지의 형태로 분류하여 분석하였다. 분석결과 Table 5와 같이 평지, 내리막 3% 이상 구간에서 교통사고가 높게 발생하였다. 즉, 과속주행을 유발하기 쉬운 내리막 경사구간이 교통사고가 빈번하게 발생하는 위험한 구간이라고 판단할 수 있다.

Table 5. Crash by Vertical Alignment

Division		Total	Entrance	Bridge	Exit
Uphill	less than 3%	55(3.8%)	24(4.2%)	13(4.6%)	18(3.8%)
	more than 3%	432(33.6%)	182(32.0%)	93(33.1%)	157(33.6%)
Flatland		448(33.8%)	192(33.7%)	98(34.9%)	158(33.8%)
Down hill	less than 3%	347(26.9%)	154(27.1%)	67(23.8%)	126(26.9%)
	more than 3%	36(1.9%)	17(3.0%)	10(3.6%)	9(1.9%)
Total		1,318	569	281	468

3.2.3. 주요 사고원인

고속도로의 교량은 자동차의 주행궤적 상 선형의 연속성이 일관되지 않고, 지형적으로 강과 하천, 산지, 계곡 등과 연결되어 있어 교통안전 측면에서 특별한 관리가 요구되는 구간이다. 따라서 교량에서 발생하는 교통사고가 어떠한 요인에 의해서 일어나고 있는지를 분석하기 위해 교통사고의 원인을 운전자과실, 법규위반, 차량결함으로 구분하여 사고자료를 분석하여 Table 6에 제시하였다. 교통사고 발생구간은 교량 전(약 43.2%), 교량(약 21.3%), 교량 후(약 35.5%)로 교량 전·후에서 발생하는 사고의 빈도가 높았으며, 주요 원인은 졸음(약 26.9%)과 과속(약 23.4%)인 것으로 나타났다. 사고원인을 구간별로 살펴보면, 교량 전·후에는 졸음에 의한 사고가 과속으로 발생하는 사고에 비해 많은 것으로 분석되었지만, 교량에서는 졸음과 과속의 사고건수가 비슷한 수준으로 나타났다. 이는, 교량 전·후에서 졸음운전을 할 경우 교량의 진입과 진출 시 발생하는 갑작스러운 기하구조의 변화에 대처하지 못해 사고가 발생하는 사례가 많은 것으로 판단된다.

Table 6. Crash Causes

Division	Cause	Total		Entrance		Bridge		Exit	
			(component ratio)		(component ratio)		(component ratio)		(component ratio)
Driver	drowsy	348	(26.9%)	150	(26.4%)	65	(23.1%)	133	(28.4%)
	excessive handling of a steering wheel	213	(16.2%)	95	(16.7%)	42	(15.0%)	76	(16.2%)
	negligence in keeping eyes forward	177	(13.4%)	75	(13.2%)	41	(14.6%)	61	(13.0%)
Violation	speeding	309	(23.4%)	129	(22.7%)	65	(23.1%)	115	(24.6%)
	safety distance	47	(3.6%)	17	(3.0%)	12	(4.3%)	18	(3.9%)
	improper passing	27	(2.0%)	12	(2.1%)	4	(1.4%)	11	(2.4%)
	drunk	23	(1.8%)	11	(1.9%)	5	(1.8%)	7	(1.5%)
Vehicle	tire defect	73	(5.5%)	36	(6.3%)	16	(5.7%)	21	(4.5%)
	car defect	46	(3.5%)	21	(3.7%)	15	(5.3%)	10	(2.1%)
	Other	55	(4.2%)	23	(4.0%)	16	(5.7%)	16	(3.4%)
Total		1,318		546		265		452	

4. 판별분석 모형구축 및 해석

4.1. 모형 개요

판별분석은 Discriminant Analysis라고 지칭되며, 1930년대 Ronald Fisher에 의해 개발된 분석이다. 판별분석은 한 개 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 집단 간의 차이를 의미 있게 설명해 줄 수 있는 독립변수들을 찾아내고 이들의 선형결합으로 Eq. (1)과 같은 판별식을 만들어 낸다.

$$Z = W_1X_1 + W_2X_2 + W_3X_3 + \dots + W_nX_n \quad (1)$$

여기서, Z : 판별함수

W_i : i 번째 독립변수의 가중치

X_i : i 번째 독립변수

판별분석은 분류하고자 하는 각 대상들의 특성을 Eq. (1)에 대입해서 각 대상들이 속하는 집단을 찾아내기 위한 것으로 교량, 교량 전·후로 구분한 본 연구의 수행방

법에 적합한 모형이다.

4.2. 변수선정 및 유의성 검정

교량에서 발생한 교통사고에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해 관련성이 있을 것으로 판단되는 변수를 선정하여 Table 7에 제시하였다. 종속변수는 사고위험성과 원인 간 상관관계 분석을 위해 사고심각도로 선정하였으며, 설명변수는 도로요인, 환경요인, 인적요인으로 분류하였다.

사고발생지점(교량 전, 교량, 교량 후)별로 기하구조 특성이 다르고, 사고형태가 다를 것으로 판단되어 각각의 개별모형을 구축하여 비교하였다. 도로환경요인변수는 차량의 주행속도에 영향을 미치는 주요한 요인으로서 해당구간의 중·횡단선형의 경사 변화가 사고심각도에 영향을 줄 것으로 판단된다. 환경요인은 날씨의 변화로 인한 도로 노면상태를 고려하여 분류하였으며, 이는 기존 연구문헌에서 제시하고 있는 내용을 준용하여 교통사고와 높은 상관성을 지니고 있음을 확인하고 설명변수로 선정하여 모형식을 구축하였다.

인적요인변수는 대부분의 교통사고가 운전자과실에 의해서 발생되고 있어, 교량에서의 졸음, 과속, 핸들과 대조작, 전방주시태만, 안전거리미확보, 추월불량, 음주에 의한 운전자과실 사고를 명확하게 판별하기 위해 각 변수를 Dummy 처리하여 분석을 수행하였다. 상기 설명변수를 이용하여 다양한 변수의 입력이 가능한 통계 패키지 SPSS 18.0(Statistical Package for the

Social Sciences)를 활용하여 판별분석을 수행하였으며, 판별분석 수행 전 사고심각도에 설명변수가 유의성이 존재하는지를 판단하기 위해 동질성 검정을 실시하였다.

Table 7. Process Variable of Crash Data

Variable		Process variable
Dependent variable	crash severity	crash level
Road Factor	horizontal	① straight, ② curve radius < 500m, ③ curve radius > 500m
	vertical	① downhill < 3%, ② downhill > 3%, ③ flatland, ④ uphill < 3%, ⑤ uphill > 3%
Environmental Factor	rain/snow/fog	0 : otherwise, 1 : rain/snow/fog
Human Factor	drowsy	0 : otherwise, 1 : drowsy
	speeding	0 : otherwise, 1 : speeding
	excessive handling of a steering wheel	0 : otherwise, 1 : excessive handling of a steering wheel
	negligence in keeping eyes forward	0 : otherwise, 1 : negligence in keeping eyes forward
	safety distance	0 : otherwise, 1 : safety distance
	improper passing	0 : otherwise, 1 : improper passing
	drunk	0 : otherwise, 1 : drunk

* 분류기준 : 평면 및 종단선형은 한국도로공사 사고자료 분류기준을 준수함

Wilk's Lambda 검정은 '집단 내 분산/(집단 내 분산 + 집단 간 분산)'의 비율로 집단 간 분산이 집단 내 분산보다 클수록 "0"에 가까워진다. 그 반대의 경우 "1"에 가까워지고, 분산분석의 F값과는 반대방향을 갖는다. 즉, Wilk's Lambda가 작을 때 F값은 큰 값을 가지며, 가장 큰 F값을 나타낸 변수는 종속변수를 판별하는데 판별력이 높음을 의미한다.

따라서 사고심각도에 영향을 미치는 주요변수를 각 지점별로 선정할 경우, 일관된 설명변수가 선정될 수 없어 일관된 분석결과를 도출하는데 어려움이 존재한다. 일관된 설명변수 선정 후 각 구간별 사고원인을 판별하기 위해 발생한 교통사고를 토대로 주요 설명요인을 선정하고, 각 구간별 사고심각도를 종속변수로 하여 판별분석을 실시하였다. Wilk's Lambda 검정을 수행한 결

과, Table 8과 같이 기상상황, 졸음, 과속, 핸들과대조작, 안전거리미확보의 요인이 신뢰수준 90%에서 유의한 것으로 분석되어 사고심각도에 판별력이 높은 설명변수로 채택하였다.

Table 8. Statistics and Homogeneity Test

Variable		Avg.	Standard deviation	Wilk's Lambda	F-value	P-value
Geometry	horizontal	1.692	0.533	0.999	0.811	0.368
	vertical	2.987	0.923	1.000	0.335	0.563
Weather	rain/snow/fog	0.254	0.436	0.997	3.468	0.063*
	drowsy	0.290	0.454	0.996	4.903	0.027**
Cause	speeding	0.257	0.437	0.988	14.482	0.000**
	excessive handling of a steering wheel	0.178	0.383	0.993	7.857	0.005**
	negligence in keeping eyes forward	0.148	0.355	0.998	1.978	0.160
	safety distance	0.039	0.194	0.995	5.980	0.015**
	improper passing	0.023	0.149	1.000	0.350	0.554
	drunk	0.019	0.137	0.999	0.792	0.374

* 99% level of confidence, ** 95% level of confidence

4.3. 구간별 유의성 검정

교량과 교량 전·후의 각 구간별로 사고심각도에 영향을 미치는 주요 변수가 무엇인지를 판단하기 위해 앞서 도출된 설명변수를 활용하여 유의성 검정을 실시하였

Table 9. Test of Homogeneity in Entrance Section of Bridge

Variable	Avg.	Standard deviation	Wilk's Lambda	F-value	p-value
Speeding	0.257	.437	0.988	14.482	0.000**
Safety distance	0.039	0.194	0.995	5.980	0.015**
Excessive handling of a steering wheel	0.178	0.383	0.993	7.857	0.005**
Drowsy	0.290	0.454	0.996	4.903	0.027**
Weather	0.254	0.436	0.997	3.468	0.063*

* 99% level of confidence, ** 95% level of confidence

다. 교량 전에서 사고심각도에 영향을 미치는 변수는 Table 9와 같이 과속, 안전거리미확보, 핸들과대조작, 졸음, 기상상황(비/눈/안개) 변수가 신뢰수준 95% 이상에서 유의한 것으로 나타났다. 또한, 사고심각도에 판별력이 가장 높은 변수는 F값이 가장 큰 과속이며, 핸들과대조작, 안전거리미확보, 졸음, 기상상황(비/눈/안개) 순으로 분석되었다.

교량에서 사고심각도에 영향을 미치는 변수는 Table 10에 제시한 바와 같이 과속에 해당하며, 신뢰수준 95%에서 유의한 것으로 나타났다. 그리고 다른 변수들의 경우 신뢰수준 95%에서 유의하지 않은 것으로 판별되었으나, 판별력은 과속, 졸음, 핸들과대조작, 안전거리미확보, 기상상황 순으로 나타났다.

Table 10. Test of Homogeneity in Bridge Section

Variable	Avg.	Standard deviation	Wilk's Lambda	F-value	p-value
Speeding	0.261	0.440	0.986	3.493	0.063*
Safety distance	0.048	0.215	0.996	0.922	0.338
Excessive handling of a steering wheel	0.169	0.375	0.993	1.786	0.183
Drowsy	0.261	0.440	0.990	2.614	0.107
Weather	0.205	0.404	0.999	0.228	0.634

* 95% level of confidence

교량 후에서 사고심각도에 영향을 미치는 변수는 Table 11과 같이 안전거리미확보, 과속이 유의수준 90%에서 유의한 것으로 분석되었다. 그리고 판별력은

Table 11. Test of Homogeneity in Exit Section of Bridge

Variable	Avg.	Standard deviation	Wilk's Lambda	F-value	p-value
Speeding	0.260	0.439	0.993	2.840	0.093*
Safety distance	0.041	0.199	0.975	10.918	0.001**
Excessive handling of a steering wheel	0.175	0.380	0.994	2.567	0.110
Drowsy	0.306	0.461	1.000	0.067	0.796
Weather	0.228	0.420	0.998	1.071	0.301

* 99% level of confidence, ** 95% level of confidence

안전거리미확보, 과속, 핸들과대조작, 졸음, 기상상황으로 나타났다.

이상의 결과를 종합해 보면, 교량 전에서는 모든 설명 변수가 사고심각도에 유의한 것으로 분석되었으며, 교량은 과속, 교량 후는 과속과 안전거리미확보가 사고심각도에 판별력이 높은 요인으로 분석되었다.

4.4. 정준판별함수 모형 개발

정준판별함수 계수 및 구조행렬 값은 교통사고가 발생한 그룹의 소속집단을 설명하는데 있어서 변수 간에 중요도를 나타내며, 계수 값이 클수록 판별력이 높다고 판단할 수 있다. 또한, 구조행렬의 판별 적재 값의 유의적인 범위는 0.4 이상으로, 0.4 이하는 판별력이 없다고 가정할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 교량 전, 교량, 교량 후로 세분화하여 정준판별함수 모형을 Table 12와 같이 개발하였으며, 개발된 모형을 토대로 각 사고발생구간별 비교·검토를 수행하였다.

Table 12. Analysis of Canonical Discriminant Function and Structure Matrix

Division	Entrance section		Bridge section		Exit section	
	Coefficient	Structure Matrix	Coefficient	Structure Matrix	Coefficient	Structure Matrix
Speeding	0.911	0.655	0.782	0.652	0.683	0.481
Safety distance	0.231	0.421	-0.215	-0.335	-0.566	-0.747
Excessive handling of a steering wheel	0.763	0.482	0.624	0.466	0.633	0.362
Drowsy	-0.147	-0.381	0.148	0.564	-0.438	-0.058
Weather	0.019	0.321	0.268	0.166	0.265	0.234
Wilk's Lambda	0.972		0.68		0.957	
X ²	33.216		8.009		19.035	
P-value	0.000*		0.156		0.002*	

* 99% level of confidence

교량 전의 사고심각도에 영향을 미치는 요인으로는 구조행렬 절대값이 0.4 이상인 과속, 핸들과대조작, 안전거리미확보 요인이며, 졸음과 기상상황은 구조행렬 절대값이 0.4 미만으로 판별력이 없는 요인으로 분석되었다. 또한, 정준판별함수 계수의 부호조건으로 설명하면, 과속, 핸들과대조작, 안전거리미확보, 졸음, 기상상황(비/눈/안개)이 정(+)의 부호로 나타나 사고심각도에 영향을 미치는 요인으로 분석되었다.

교량에서 발생하는 교통사고 중 사고심각도에 영향을 미치는 요인으로는 과속, 핸들과대조작, 졸음 요인이며, 안전거리미확보와 기상상황은 판별력이 없는 변수로 분석되었다. 정준판별함수 계수의 부호조건으로 설명하면, 과속, 핸들과대조작, 졸음, 기상상황(비/눈/안개)이 정(+의 부호로 사고심각도에 영향을 미치는 변수로 분석되었다.

교량 후에서 발생하는 교통사고 중 사고심각도에 영향을 미치는 요인으로는 과속, 안전거리미확보 요인이며, 핸들과대조작, 졸음, 기상상황(비/눈/안개) 요인은 판별력이 없는 변수로 분석되었다. 또한, 정준판별함수 계수의 부호조건을 보면, 과속, 핸들과대조작, 기상상황(비/눈/안개)이 정(+의 부호로 사고심각도에 영향을 미치는 변수로 분석되었다.

전체영역에서 사고심각도에 영향을 미치는 공통된 요인으로는 과속사고로 나타나, 주행속도를 감속시킬 수 있는 안전대책이 필요하다. 그리고 안전거리미확보는 교량 전과 후에서 판별력이 있는 요인으로 분석되었지만, 교량 전에서는 정(+), 교량 후에서는 부(-)의 부호조건으로 상호 상반되게 나타났다. 따라서 안전거리미확보로 인한 교통사고가 발생하는 교량 전에 차간거리 확보와 같은 안전시설물 설치가 필요할 것으로 판단된다. 핸들과대조작 사고원인에 의한 사고심각도는 교량 전과 교량에서 높게 발생되고 있는 것으로 분석되었다. 특히, 교량은 갑작스러운 돌풍 및 노면상태 변화 등으로 운전자가 차량핸들을 과대하게 조작하여 사고심각도가 높게 나타나는 것으로 판단된다. 졸음교통사고 원인은 교량에서만 판별력이 높은 요인으로 분석되었다. 그리고 교량 전과 후에서는 판별력이 없고 부호조건이 부(-)의 부호로 교량과 상반된 결과가 제시되었다. 이는 교량 전과 후는 교량과 달리 졸음운전 시 차로이탈을 방지하기 위한 안전시설물이 설치되었지만, 교량은 포장 균열 및 파손 등의 이유로 설치가 제한되어 졸음사고로 인한 사고심각도가 높게 발생되고 있는 것으로 판단된다.

5. 결론 및 향후 연구과제

5.1. 결론

현재, 교량에만 교통사고 예방을 위한 안전시설물의 설치를 중점적으로 실시하고 있는데 교량 전과 후의 사고위험성 분석을 통해 교량과 교량 전·후를 포함하는 교통안전대책의 확대 필요성 여부를 규명하고자 본 연

구를 수행하였다. 이에, 교량의 권역을 교량과 교량 전·후로 세분화하여 각 구간별 교통사고특성 및 원인을 분석하였고, 구간별 사고심각도에 영향을 미치는 주요 요인에 대한 안전대책을 수립하기 위해 정준판별분석을 실시하여 그 결과를 다음과 같이 정리하였다.

1. 각 구간별 교통사고 발생건수는 교량 전 569건, 교량 281건, 교량 후 468건으로 교량 전에 43.2%를 차지하고 있으며, 교량보다 높은 사고율을 보이고 있어 교량뿐만 아니라 교량 전과 후를 포함한 통합 교량안전대책 수립이 필요함을 알 수 있다.
2. 각 구간별로 일관된 설명변수를 통한 판별분석을 실시하기 위해 교량과 교량 전·후의 교통사고자료를 활용한 Wilk's Lambda 검정을 수행하였다. 그 결과, 기상상황, 졸음, 과속, 핸들과대조작, 안전거리미확보 요인이 신뢰수준 90%에서 유의한 변수로 선정되었다.
3. 교량 전·후에 사고심각도에 영향을 미치는 공통된 사고원인은 과속으로 분석되어, 주행속도를 감속시킬 수 있는 주의표지 및 단속시설을 적정구간에 설치하는 교통안전대책 수립이 필요하다.
4. 안전거리미확보는 교량 전과 후에서 판별력 있는 요인으로 분석되었지만, 교량 전에서는 정(+), 교량 후에서는 부(-)의 부호조건으로 상호 상반된 결과가 도출되었다. 이는 교량을 진입하기 전에 주행차량의 큰 속도편차로 인한 안전거리미확보 사고가 발생되며, 이로 인해 사고심각도가 높은 것으로 분석되었다. 따라서 교량 전에 차간거리 확보를 위한 안내표지판 설치 등의 안전조치가 필요할 것으로 판단된다.
5. 졸음사고는 교량에서만 판별력이 높은 요인으로 분석되었으며, 이는 본선구간과 달리 차로이탈 시설을 설치하는데 어려움이 있어, 사고심각도가 높게 나타나는 것으로 판단된다. 따라서 졸음운전으로 인한 차로이탈 사고를 예방하기 위한 돌출형 노면표식(Spotflex) 및 돌출차선 등의 교통안전시설물 도입 검토가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서 제시된 결과는 향후 교량 전·후에서 발생하는 교통사고의 예방대책을 수립하는데 중요한 판단지표로 활용이 가능할 것이다. 특히 사고발생구간별 사고특성을 규명함으로써 교량영향권역을 통합한 각 구간별 맞춤형 교통안전대책 수립으로 교통사고 예방에 효과적으로 대응할 수 있을 것으로 판단된다.

5.2. 향후 연구과제

우리나라의 산악지형 조건 및 비용-효율적인 도로선형 설계를 위해서라도 교량은 지속적으로 증가하는 추세이므로, 교량뿐만 아니라 그 주변의 적정구간을 영향권역으로 지정하여 지속적인 관리가 필요함을 제시하였다. 하지만, 기존연구문헌에서 교량구간의 사고심각도는 기상상황이 악조건일 때 사고심각도는 높아진다고 제시하고 있지만, 본 연구에서는 기상상황에 대한 설명변수를 연간 날씨변화의 가중치를 고려하지 못함으로써 사고심각도에 판별력이 없는 요인으로 분석되었다. 따라서 향후 지역별 기상정보자료를 구축하여 날씨변화의 가중치를 고려함으로써 그 특성을 규명할 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 과속운전을 유발하는데 가장 크게 영향을 미치는 교량 전·후의 중·횡단 선형을 그룹화하여 기하구조에 따른 사고원인 규명과 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다. 기하구조의 형태별로 발생하는 교통사고를 세분화하여 규명함으로써 교통안전대책 수립 시 보다 효율적인 대응이 가능할 것이다.

References

- Kim HoDeok(2001), "The effects of road environmental characteristics on traffic accident", Graduate school of environmental studies seoul national university
- Kim SukHee(2005), "A Hierarchical Approach for Diagnose of Safety Performance and Factor Identification for Black Spots (Based on Suwon-city)", Korean society of transportation, Vol 23, No.1, pp.9~20
- Kim BongGon(2007), "The Study on Discriminant Model of Traffic Accidents at the Interchange of Freeway", Graduate School of Transport ITS Ajou university
- Kang NamWon(2008), "Study on Cause-Analysis of the Seohaean Expressway Traffic Accident at Each Section", Graduate school of studies chonnam national University
- Lee JuYeon(2008), "Analysis of Traffic Accident Severity for Korean Highway Using Structural Equations Model", Korean society of transportation, Vol.26, No2, pp.17~24
- Shin JaeMan(2008), "A Study on Traffic Accident Characteristics Analysis of the Seohaean Expressway at Each Section", Chonnam national university
- Kee HyeRyung(2011), "A study on the factor analysis by grade for highway traffic accident, Korean society of road engineers", Vol.13, No.3, PP.157~165
- Jeong SukJin(2011), "A Study of the characteristics of traffic accidents in rainy conditions on freeways", Graduate school of urban science University of seoul
- Sin GeonHun(2011), "Bridge Road Surface Frost Prediction and Monitoring System", Jorea contents society, Vol.11, No.11, pp.42~48
- Koshal, R(1976). 'Dath From Road Accident in the United States', Journal of Transport Economics and Policy 10
- Zlatoper, T.J(1987), 'Factors Affecting Motor Vehicle Deaths in the USA', Applied Economics 19