

사고찾은곳 개선사업의 안전성과 모형

박병호^{*} · 박길수 · 김태영
충북대학교 도시공학과
(2009. 10. 7. 접수 / 2010. 4. 9. 채택)

Safety Performance Models of Improvement Projects of Frequent Traffic Accident Locations

Byung Ho Park^{*} · Gil Su Park · Tae Young Kim
Department of Urban Engineering, Chungbuk National University
(Received October 7, 2009 / Accepted April 9, 2010)

Abstract : This study deals with the traffic accident according to the improvement projects of frequent accident locations. The objective is to analyze the impact of improvements on the accident reduction. In pursuing the above, the study gives the particular attentions to developing the models based on the data of 70 intersections improved. The main results analyzed are as follows. First, 4 multiple linear regression accident models(total, side right-angle, rear end and side stripe accident) which were statistically significant were developed. Second, total accidents reduction by sight-distance and turning traffic flow improvements, side right-angle by sight-distance, over-speed and lane operation, rear end by turning traffic flow, signal and lane operation, and side stripe by traffic impedance improvements were analyzed. Finally, the above 4 models were evaluated to be statically significant through the correlation analysis and pair-sample t-test.

Key Words : frequent traffic accident location, multiple linear regression, accident reduction model, intersection

1. 서론

1.1. 연구배경 및 목적

‘사고 찾은 곳 개선사업’은 특정 도로지점에서 발생하는 교통사고의 원인을 도로 및 교통시설 운영측면에서 문제점을 도출하고 교통안전을 위한 공학적인 분석을 통해 사고를 감소시키기 위한 우리나라의 대표적인 교통안전 사업이다.

우리나라에는 1987년 처음 ‘교통안전 종합대책’의 일환으로 이 사업이 체계적으로 추진되기 시작한 이래 2006년까지 총 15,583개소에 대한 기본설계 및 개선공사가 시행되었다. 이 중 개선공사가 이루어진 11,468개소에 대한 효과를 분석한 결과, 사고발생건수는 27.4%, 사망자 42.7%, 그리고 부상자 24.3%의 감소효과가 있는 것으로 보고(도로교통공단, p. 10)되었으며, 현재 ‘제4차 교통사고 찾은 곳 개선사업’이 2007년부터 2011년까지 추진 중에 있다.

교통사고는 인간, 차량, 도로구조, 시설, 환경 등

과 같은 여러 요인이 복합적으로 작용하여 발생한다. 이에 공사비용을 최소화시키면서 교통사고 감소에 효과적인 방안을 도출하기 위해서는 교통사고가 발생된 도로의 사고 요인을 분석하여 그 유형에 적절한 개선방안이 제시되어야 한다. 개별 시설물 개선이 사고감소에 미치는 영향을 분석한다면, 정책대안의 제시에도 설득력을 가질 수 있게 된다.

본 연구는 ‘사고 찾은 곳 개선사업’에서 설치되는 특정 시설물이나 운영방법이 사고감소에 미치는 영향을 분석하고, 개선사업에 따른 사고감소 모형을 개발하고자 한다.

1.2. 연구내용 및 방법

본 연구는 2004년부터 2006년까지 충청북도에서 ‘교통사고 찾은 곳 개선공사’를 실시한 교차로를 대상으로 한다. 또한 이 연구는 도로교통공단에서 보고된 ‘교통사고 찾은 곳 기본 개선계획 및 효과 분석’ 자료를 활용하여 3년간의 개선공사 자료와 공사 전·후 각 1년씩, 총 6년간의 교통사고 자료를 이용한다.

^{*} To whom correspondence should be addressed.
bhpark@chungbuk.ac.kr

연구방법은 국내·외 교통사고와 관련하여 시설물 개선에 따른 효과분석에 관한 문헌조사를 통해 연구의 흐름을 파악하고, 개선공사 전·후의 교통사고 유형별 감소건수를 기준으로 분석한다.

개선지점의 평균 사고건수에서 포아송 분포를 이용하여 개선 후 사고감소 예상건수를 검증하고, 유의성이 있다고 판단된 3지 이상의 교차로 70개소를 선정하며, 교통사고 빈도분석을 통해 전체사고와 사고발생 상위 3개 유형의 사고(측면직각, 접촉, 추돌)를 대상으로 사고감소 모형을 개발한다.

본 연구의 분석과 모형개발에 사용된 통계프로그램은 SPSS 12.0이며, 독립변수는 개선에 활용된 시설물이나 운영방법의 유무로서 질적 척도에 활용되는 다중회귀분석으로 개선 요인별 영향정도를 분석한다.

2. 기존 연구의 검토

2.1. 관련 연구

도로교통공단은 매년 주요 교차로의 교통량, 사고건수, 사고피해를 조사 관리하면서 ‘사고 잦은 곳’을 선정하고, 개선공사가 시행된 지점의 효율성을 분석하여 보고서로 발간하고 있다.

김숙희 등⁵⁾은 사고다발지점의 안전성능 진단 및 위치별 사고요인을 로지스틱 판별분석을 통하여 요인을 추출하였다. 박민호 등⁶⁾은 중앙분리대 설치 전·후 각 1년의 자료를 경험적 베이즈(EB) 방법으로 분석하여, 중앙분리대 사고로 인한 교통사고 유형과 심각도의 전환효과를 제시하였다.

박정순 등⁸⁾은 청주시 4지 신호교차로에서의 교통사고 발생모형을 개발하여 4지 교차로 사고유형별 사고특성을 분석하였다. 한상진 등¹¹⁾은 전통적 사고모형의 적합도와 설명변수의 선택 문제점으로 인한 한계를 극복하기 위해 도로를 특성이 유사한 구간으로 나누고 변수를 변환하는 Hauger 방법론을 제안하였다.

김정현 등⁴⁾은 신호기 위치 변경에 따른 효과를 비교그룹방식(C-G Method)으로 평가하여 정면, 직각, 후미 추돌, 차대 사람 간 사고유형별 교통사고의 변화를 분석하였다. Helai Huang¹²⁾은 교통사고 예측에 기하구조, 사고위치, 사고 심각수준 및 교통량에 시간요소를 가미한 계층기반 통계분석방법을 제안하였다.

그러나 다양한 개선방법이 복합 적용되는 ‘사고 잦은 곳’ 개선과 관련하여 개선한 요인이 사고유형

별 사고감소에 어떤 영향을 주었는지에 관한 연구는 거의 보고되지 않고 있다. 다만 2002년에 ‘사고 잦은 곳 개선 업무편람’에서 개선사업 내역별로 사고감소 계수가 제시된 바 있다.

2.2. 기존 연구와의 차별성

기존 연구에서는 교통사고 모형을 개발하기 위하여 설명변수로서 도로의 기하구조, 교통여건, 운영조건 등의 속성자료를 이용하여 회귀 분석한다. 이 과정에서 변수간의 상관관계를 검토하여 각 설명변수 간 다중공선성이 존재하면 상관관계가 높은 변수는 제외하거나 통합하였다. 이에 따라 개선에 적용된 요인이 모형에 누락되거나 다른 변수에 포함되므로, 개선사업의 특정 요인이 사고에 미치는 영향을 분석하기에는 적합하지 않은 문제가 있다.

또한 개선 전·후 효과 비교법은 분석하고자 하는 요인을 제외한 다른 외부 요인들은 변화가 없다고 가정하거나 또는 유사하다고 가정된 상태에서 전·후 비교를 하기 때문에 다양한 요인이 적용되는 개선안 평가에는 적합하지 않다. 아울러 교차로마다 서로 상이한 특성으로 유사한 지점을 찾아내어 분석하기 위해서는 너무 많은 자료가 필요하기 때문에 현실적인 한계가 있다.

교통사고 영향인자 간의 복잡한 관계 규명을 위하여 구조모형방정식 모형을 이용한 계층기반 통계분석방법이 제안되고 있으나, 이러한 모형도 개선 전·후 변화된 요인과 사고 자료를 직접 적용한 모형과는 거리가 있다.

본 연구는 실질적으로 공사에 반영된 안전시설이나 운영을 개선한 것이 특정 사고를 감소시킬 수 있다는 점에 착안하여 개선요인들이 특정사고 감소분에 어떤 영향을 미쳤는지 분석한다는 점에서 기존 연구와의 차별성이 있다.

3. 분석방법론 및 자료기반 구축

3.1. 분석방법 설정

종속변수인 총 사고 및 유형별 사고 감소건수의 분포특성을 파악하기 위해 비모수통계검정(Kolmogorov-Sminov 검정)을 수행한 결과, 모든 유의확률이 0.05보다 적어 95% 유의수준 내에 있기 때문에 정규성을 따른다고 볼 수 없다. 그러나 여기에서는 독립변수가 질적 변수(qualitative variable)이고 변수의 표본수가 여러 개이므로 다중회귀분석으로 유형별 사고모형을 개발하였다.

Table 1. Independent Variables

기호	독립변수	시설 및 개선내용
X ₁	시거불량 개선	장애물제거 및 이설, 표지, 조명시설, 신호기설치 등
X ₂	과속방지 개선	과속방지턱, 속도규제표지, 노면요철, 신호등설치 등
X ₃	신호시인성 개선	신호등 증설 및 위치조정, 신호등시아, 장애물제거 등
X ₄	신호운영 개선	신호주기, 현시, 오프셋, 감응신호, (비)보호개선 등
X ₅	회전교통류 개선	회전금지, 폭선훈경증대, 좌·우회전 전용차로 설치 등
X ₆	교통저항 개선	차로 폭, 유도선, 가각정비, 버스정차대 등
X ₇	진로안내 개선	차로변경금지, 진행방향지정 등
X ₈	미끄럼노면 개선	미끄럼방지포장, 배수시설, 노면 그루빙 등
X ₉	보행안전시설 개선	보행 시인성, 횡단보도위치, 대피설, 방호울타리 등
X ₁₀	유도 및 차로운영 개선	차선/차로폭 조정, 경사, 길어깨, 표지병 등

3.2. 변수설정

‘사고 찾은 곳’의 개선공사는 해당 지점의 사고 유형과 원인에 따른 현장조사를 통해 안전시설, 부대시설, 운영체계, 도로구조 등을 종합적으로 판단하여 시행하게 된다. 개선공사에 지점별로 적용된 개선사업이 다양하고, 총 개선사업의 개수가 37개 이므로, 사업의 개선효과에 따른 사고모형을 개발하기 위해서는 유사한 사업유형별로 독립변수를 범주화 하여 10개의 변수로 정리하였다. 독립변수의 범주는 건설교통부¹⁾에서 발간한 ‘사고찾은곳 개선사업업무편람작성연구’에 제시된 ‘차대차 사고 유형별 원인과 현장조사시 점검 및 분석사항’에 대한 내용을 참고하여 사고 유형별로 조사해야할 항목을 기준으로 동일한 효과를 갖는 사업을 그룹화하였으며, 선정된 독립변수는 Table 1과 같다.

종속변수는 개선공사 전·후의 사고건수 차이이며, 설명변수는 세부개선안의 적용 유무에 따른 질적 변수(적용(1), 유지(0))이다. 세부 개선내용이 복수의 설명변수에 영향을 미치는 경우는 영향을 받는 모든 설명변수를 개선한 것으로 입력하였다. 예를 들면, X₉의 미끄럼노면 개선이 차도에 시행되었다면, X₉은 물론 X₁₀에도 개선된 것으로 입력하였다.

3.3. 자료수집 및 분석

2004~2006년 동안 ‘교통사고 찾은 곳 개선사업’을 시행한 145개 교차로의 총 사고건수는 1,385

건으로, 개선 전은 868건이며, 개선 후는 517건이다. 이러한 자료에서 사고감소의 유의성이 있고, 시행 전·후의 비교가 가능한 3지 이상의 교차로는 총 70개소이며, 사고건수는 826건으로 개선 전은 542건이고, 개선 후는 284건이다.

1) 사고감소지점 선별

개선사업으로 인한 사고발생의 변화가 개선사업 시행에 기인된 것인지 아니면 우연한 사고감소에 기인한 것인지 분석하기 위해 포아송 분포를 이용한 통계적 유의성을 검증하였다.

포아송 검증은 사고빈도에 대한 유의성 검증에 권장되는 방법으로 일정한 시간 또는 공간에서 어떤 사건이 무작위로 발생할 때 그 사건이 일어날 확률과 그에 대응하는 확률을 나타내는 분포이다. 일정기간 동안 교통사고 발생건수가 포아송 분포를 따른다고 가정하면,

$$p(x) = \frac{m^x e^{-m}}{x!} \tag{1}$$

여기서, x 는 일정 기간 동안의 사고건수이며, m 은 그 기간 동안의 평균 사고건수이다.

사업시행으로 교통사고가 n_0 에서 n_1 으로 감소되었다면 $n_0 \sim n_1$ 까지의 사고발생 확률은 위 식 (1)으로 산출할 수 있다. 여기서 이 누적확률이 사고감소에 대한 위험수준이며, 1에서 이 값을 뺀 값이 신뢰수준이다.

$$p(n_1) = \sum_{k=0}^{n_1} \left(\frac{m^k e^{-m}}{k!} \right) \tag{2}$$

여기서, n_1 은 사고건수이며, m 은 평균 사고건수이다.

위 식 (2)에서 개선 후 교통사고 감소량이 통계적 유의성이 있기 위해서는 신뢰수준에 따라 계산된 사고건수가 실제 개선 후 사고건수보다 많아야 한다. 3지 이상의 교차로를 대상으로 교통사고가 통계적으로 유의($\alpha=0.1$)하게 감소한 지점을 선별하면 Table 2와 같다.

2) 사고유형별 사고발생 빈도분석

‘사고 찾은 곳’의 개선 전 사고유형별 사고발생 빈도는 다음 Table 3과 같다. 표에 나타나듯이 사고건수는 추돌, 접촉, 측면직각사고 순으로 높다. 본 연구에서는 전체사고와 사고발생 상위 3개의 유형을 대상으로 사고감소 모형을 개발한다.

Table 2. Accident reduction rates of improved and selected locations by projects in Chungbuk

구분	개선공사 실시지점(전체)			
	대상(개)	전년도 사고(건)	후년도 사고(건)	감소율(%)
2006년	44	285	115	59.6%
2007년	67	420	310	26.2%
2008년	34	163	92	43.5%
계	145	868	517	40.4%
구분	선별된 지점(90% 유의수준)			
	대상(개)	전년도 사고(건)	후년도 사고(건)	감소율(%)
2006년	20	150	36	76%
2007년	36	317	216	31.9%
2008년	14	75	32	57.3%
계	70	542	284	47.6%

Table 3. Number of traffic accidents before and after improvements

구분	개선사업 전(A)	개선사업 후(B)	A-B
차대사람	51	21	30
정면추돌	25	8	17
추돌	161	84	77
나란히접촉	10	3	7
측면직각	82	57	25
접촉	117	58	59
차로변경접촉	41	10	31
차대차 기타	11	35	-24
기타	44	8	36

3) 자료의 독립성 검정

전체사고와 발생빈도가 높은 3개의 사고유형에 대하여 개선 전·후의 사고건수 차이를 확인하기 위해 대응표본 t검정(신뢰수준 95%)을 이용하여 통

Table 5. Results of multiple-linear regression analysis by accident type

구분	비표준화 계수	표준화 계수		t 값	p 값	R ²	
		계수	표준오차				
전체사고 감소건수 (Y ₀)	시거불량 개선(X ₁)	2.886	0.547	0.604	5.279	0.000	0.493
	회전교통류 개선(X ₅)	2.662	0.643	0.378	4.143	0.000	
측면직각사고 감소건수 (Y ₁)	상수항	-0.586	0.190	-	-3.079	0.003	0.420
	시거불량 개선(X ₁)	1.489	0.265	0.538	5.623	0.000	
	과속방지개선(X ₂)	1.212	0.385	0.298	3.153	0.002	
	유도 및 차로운영 개선(X ₁₀)	0.919	0.334	0.262	2.748	0.008	
추돌사고 (Y ₂)	회전교통류 개선(X ₅)	2.313	0.386	0.555	5.988	0.000	0.507
	미끄럼노면 개선(X ₈)	0.752	0.367	0.189	2.048	0.044	
	유도 및 차로운영 개선(X ₁₀)	1.202	0.458	0.227	2.623	0.011	
접촉사고 감소건수(Y ₃)	교통저항 개선(X ₆)	1.225	0.224	0.517	5.011	0.000	0.267

Table 4. Testing the differences among accident types

구분	추돌	접촉	측면직각	전체	
대응차 평균	1.100	0.357	0.842	0.766	
표준편차	2.015	0.372	1.593	1.702	
차이의 95% 신뢰구간	상한	0.619	0.029	0.462	0.535
	하한	4.580	0.684	1.222	0.998
t 값	4.566	2.176	4.425	6.527	
유의확률	0.000	0.000	0.000	0.000	

계적 유의성을 분석하였으며, 그 결과는 Table 4와 같다.

95% 신뢰구간에서 전체사고는 0.535~0.998, 측면직각은 0.462~1.222, 추돌사고는 0.619~1.580, 그리고 접촉사고는 0.029~0.684로 나타났다. 이것은 '0' 값을 포함하고 있지 않아 사고유형별 개선 전·후의 사고건수에 변화가 있다고 할 수 있다.

4. 교통사고 감소모형 개발

4.1. 사고감소모형

총 사고 및 유형별 사고감소건수(Y₀: 전체사고, Y₁: 측면직각사고, Y₂: 추돌사고, Y₃: 접촉사고)를 종속변수로 하고, 독립변수를 개선요인(X₁~X₁₀)으로 한 단계별 회귀 결과는 Table 5와 같다. 표에 나타나듯이 전체사고 감소는 시거불량 및 회전교통류 개선, 측면직각 사고감소는 시거불량, 과속방지, 유도 및 차로운영 개선, 추돌사고 감소는 회전교통류, 신호 시인성, 유도 및 차로운영 개선, 그리고 접촉사고 감소는 교통저항 개선이 영향을 준 것으로 분석되었고 개선사업 전·후 교통량의 변화가 적어 모형의 독립변수에 채택되지 못하였다.

통계적 유의성 검정에서 t 값의 유의확률이 0.05 보다 적고, R^2 값이 0.26~0.52 수준으로 통계적으로 유의한 것으로 잠정 분석된다. 또한 계수의 부호도 모두 양의 값으로 개선사업을 한 경우 모두 사고감소량이 증가하는 것으로 나타나 개발된 모형식이 적절하다고 판단된다. 이는 개선사업이 교통사고 줄이기에 효과가 있음이 재확인된 것을 의미한다.

전체사고(Y_0)인 경우, 사고감소에 영향을 미치는 개선요인은 시거불량개선(X_1)과 회전교통류개선(X_3)이며, 이 중 가장 영향을 미치는 변수는 표준화 계수가 0.482인 시거불량개선으로 분석되었다.

측면직각사고(Y_1)인 경우, 사고감소에 영향을 미치는 개선요인은 시거불량개선(X_1)과 과속방지개선(X_2) 그리고 시선유도 및 차로운영개선(X_{10})이며, 이 중 가장 영향을 미치는 변수는 시거불량개선으로 표준화계 수가 0.538이다. 그 다음으로는 과속방지개선과 시선유도 및 차로운영개선으로 표준화 계수는 각각 0.298과 0.262인 것으로 분석되었다. 또한 편회귀계수가 시거불량개선 1.489 과속방지개선 1.212, 유도 및 차로운영개선 0.919로, 과속방지와 유도 및 차로운영에 대한 개선 없이 시거불량요인만 개선했을 경우 측면직각사고는 1.489건 감소함을 의미한다.

추돌사고(Y_2)인 경우, 사고감소에 영향을 미치는 개선요인은 회전교통류개선(X_3)과 미끄럼노면 개선(X_8) 그리고 유도 및 차로운영 개선(X_{10})으로 나타났다. 이 중 가장 큰 영향을 미치는 변수는 회전을 금지하거나 곡선반경을 적절하게 조정하거나 회전차로를 추가 설치하는 방안인 회전교통류개선으로 분석되었다. 이 변수의 표준화 계수가 0.555이며, 편회귀계수가 2.313으로 미끄럼노면 개선(0.752)과 유도 및 차로운영개선(1.202) 변수보다 2배 이상 크다. 이는 회전교통류 개선을 통해 운전자의 운전행태를 바꿀 수 있는 개선사업이 미끄럼노면 개선사업처럼 돌발 상황이 발생했을 때 기하구조적인 효과가 나타나는 사업보다 효과적인 것으로 분석된다.

접촉사고(Y_3)인 경우, 교통저항에 대한 개선으로 표준화 계수는 0.517로 높고, 편회귀계수가 1.225로 비교적 영향이 큰 것으로 분석된다.

그러나 신호운영개선(Y_4), 노면표시에 의한 차로 변경금지(Y_7), 미끄럼방지에 대한 개선(Y_8), 보행자를 위한 안전대책은 상대적으로 사고감소에 미치는 영향이 적은 것으로 분석된다.

Table 6. Goodness of fit by accident model and type

구분	전체 사고	측면 직각	추돌 사고	접촉 사고		
대응 차	평균	0.30555	0.01147	-0.05615	0.14343	
	표준편차	2.74807	1.04565	1.59482	1.53950	
	평균 표준편차	0.32845	0.12498	0.19062	0.18401	
	차이의 95% 신뢰구간	하한	-0.34969	-0.23786	-0.43642	-0.22365
		상한	0.96081	0.26080	0.32413	0.51051
t 값	0.930	0.920	-0.295	0.779		
p 값	0.355	0.972	0.769	0.438		
상관계수	0.484	0.648	0.612	0.279		

4.2. 모형의 적합성 검정

1) 상관관계 분석

전통적인 사고예측모형의 회귀분석에서는 변수 간 상관성을 검토하여 다중공선성이 나타나면 그 중 하나만 채택하고 모형 식을 선정하게 된다. 그러나 본 연구에서는 모형 식을 먼저 설정하고 모형에서 나타난 독립변수간 상관성을 검토한 다음 독립변수간 공선성이 존재하면, 2차적으로 그 변수 간의 편상관계수를 검토하였다.

변수 간의 상관관계가 있는 4개의 조합(X_1 & X_4 , X_3 & X_5 , X_6 & X_7 , X_8 & X_{10})에서 유형별 사고감소 모형식과 일치되는 것은 추돌사고(Y_2)의 X_3 & X_5 이다. 분석된 두 변수의 편상관계수 값은 0.235이고, 유의확률은 0.066이어서 두 변수간 상관관계는 없는 것으로 분석되었다.

2) 대응표본 t 검정

유형별 사고감소 모형의 적합성을 분석하기 위해 대응표본 t 검정을 실시한 결과는 Table 6과 같다. 전체사고의 경우 t 값이 0.930, 유의확률이 0.355이며, 측면직각사고의 t 값이 0.920, 유의확률은 0.972로 분석되었다.

추돌사고의 t 값은 0.295, 유의확률 0.769, 그리고 접촉사고의 t 값은 0.779, 유의확률 0.438로 나타나, 95% 유의수준에서 귀무가설($H_0: D_0=0$, 실측치와 예측치가 같다)을 기각할 수 없는 것으로 분석되었다. 따라서 실측치와 예측치 간의 차이가 나지 않는 것으로 분석되어 모형식의 적합함이 입증되었다.

5. 결론

본 연구는 ‘사고 찾은 곳 개선사업’에 따른 사고 유형별 사고감소에 영향을 미치는 개선요인을 분

석하기 위하여 충청북도에서 사업이 시행된 70개 교차로를 대상으로 사업시행 전·후 각 1년씩 3개년의 자료를 수집하고 전체사고와 사고빈도가 높은 3개의 사고유형을 분석하였다.

분석된 주요결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 통계적으로 유의한 4개의 다중선형회귀 사고모형(전체, 측면직각, 추돌 및 접촉 사고)이 개발되었다. 둘째, 전체사고 감소에는 시거불량 및 회전교통류 개선, 측면직각 사고감소에는 시거불량, 과속방지, 유도 및 차로운영 개선, 추돌사고 감소에는 회전교통류, 신호 시인성, 유도 및 차로운영 개선, 그리고 접촉사고 감소에는 교통저항 개선이 영향을 준 것으로 분석되었다. 마지막으로 상관관계 분석과 대응표본 t 검정을 통해 4개의 사고모형이 통계적으로 적합한 것으로 평가되었다.

그러나 장래 교차로와 신호특성별 차이를 감안하고, 공사유무에 대한 질적 변수 보다는 개선수준에 대한 양적변수를 적용할 수 있는 정량화 방안 등이 연구되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 1) 건설교통부, “사고 잦은 곳 개선사업업무편람작성연구”, 2002.
- 2) 김경한, “교통안전공학”, 태림문화사, 2008.
- 3) 김대웅, 김동현, “교통통계분석”, 형설출판사, 2005.
- 4) 김정현, 김규호, 김장욱, 이수범, “C_G Method를 이용한 신호등 위치에 따른 교통사고 효과분석”, 대한토목학회논문집, 제28권, 제6호, pp. 775 ~ 789, 2008.
- 5) 김숙희, 장정아, 최기주, “사고다발지점의 안전성능 진단 및 위치별 사고요인분석”, 대한교통학회지, 제23권, 제1호, pp. 9~20, 2005.
- 6) 도로교통공단, “교통사고 잦은 곳 기본개선계획 및 효과분석”, 2008.
- 7) 박민호, 박규영, 장일준, 이수범, “중앙분리대에 따른 사고전환효과 분석”, 대한교통학회지, 제24권, 제2호, pp. 113~124, 2006.
- 8) 박정순, 김태영, 유두선, “도로환경요인과 교통사고의 상관분석 및 사고추정모형 개발”, 대한교통학회지, 제25권, 제2호, pp. 66~72, 2007.
- 9) 신준용, 송한식, 안성만, 안태호, “통계학”, 학현사, 2008.
- 10) 이주연, 정진혁, 손봉수, “구조방정식을 이용한 고속도로 교통사고 심각도 분석”, 대한교통학회지, 제26권, 제2호, pp. 17~24, 2008.
- 11) 한상진, 김근정, 오순미, “전통적 사고예측모형의 한계 및 개선방안”, 한국도로학회논문집, 제10권, 제1호, pp. 19~29, 2008.
- 12) Helai Huang, “Bayesian Hierarchical Analysis on Crash Prediction Models”, 「TRB 2008 Annual Meeting」, CD-ROM, 2008.