

■ 論 文 ■

사용자비용분석을 통한 간선도로 위험순위 산정에 관한 연구

Evaluating of Risk Order for Urban Road by User Cost Analysis

박 정 하

(한국교통연구원 국가교통DB센터
위촉연구원)

박 태 훈

(전남대학교 토목공학과 박사과정)

임 종 문

(광양만권경제자유구역청
행정개발본부장)

박 제 진

(전남대학교 공업기술연구소
선임연구원)

윤 판

(광주광역시청 교통정책연구실 실장)

하 태 준

(전남대학교 토목공학과 부교수)

목 차

I. 서론

- 1. 연구의 배경 및 목적
- 2. 연구의 내용 및 방법

II. 기존 연구문헌 고찰

- 1. 교통사고예측 관련연구
- 2. 사용자비용 관련 연구

III. 간선도로 사용자비용모형 개발

- 1. 간선도로 및 분석단위의 특징
- 2. 교통사고비용 예측

3. 지체비용 예측

- 4. 간선도로 사용자비용 모형 개발

IV. 간선도로 위험순위 산정

- 1. 간선도로 위험순위 산정
- 2. 광주광역시 간선도로 위험순위 산정

V. 결론 및 향후 연구과제

- 1. 결론
- 2. 향후 연구과제

참고문헌

Key Words : 간선도로, 사고예측모형, 사고비용, 지체비용, 사용자비용, 도로위험순위

요 약

현재 우리나라 간선도로의 서비스수준(LOS)은 차량의 평균통행속도를 기준으로 평가되어지고 있다. 이는 도로의 혼잡도만을 기준으로 적용한 것으로 교통안전측면이 고려되지 않은 것이 현실이다. 합리적인 도로 설계와 운영을 위한 평가 지표라면 도로 이용자에게 영향을 미치는 제반 인자들을 보다 포괄적으로 포함할 수 있어야 한다. 교통안전과 소통측면을 총괄할 수 있는 변수로 사용자비용 개념을 적용하여 간선도로 평가방법을 모색하고자 한다.

사용자 비용을 효과적으로 하는 간선도로 평가도 가능하다는 것을 본 연구를 통해 알 수 있었다. 또한, 본 연구의 사용자 비용에 의해 평가된 간선도로 서비스 수준과 도로용량편람의 평균통행속도에 의해 평가된 간선도로 서비스 수준을 비교·분석하여 종합적인 서비스 수준 분석방법 여부를 가릴 수 있을 것이다. 이로서, 안전과 소통 측면을 모두 고려한 간선도로 평가가 가능함을 알 수 있었다.

Level of service(LOS) is a quantify measure describing operational conditions within a traffic stream, generally, in terms of such service measures as speed, travel time, freedom to measures, traffic interruptions, comfort and convenience. The LOS is leveled by highway facilities according to measure of effectiveness(MOE) and then used to evaluate performance capacity. The current evaluation of a urban road is performed by only a aspect of traffic operation without any concepts of safety. Therefore, this paper presents a method for evaluation of risk order for urban road with new MOE, user cost analysis, considering both smooth traffic operation(congestion) and traffic safety(incident). The user cost is included traffic accident cost by traffic safety and traffic congestion cost by traffic operation. First of all, a number of traffic accident and accident rate by highway geometric is inferred from urban road traffic accident prediction model (Poul Greibe(2001)) Secondly, a user cost is inferred as traffic accident cost and traffic congestion cost is putting together. Thirdly, a method for evaluation of a urban road is inferred by user cost analysis. Fourthly, a accident rate by segment predict with traffic accidents and data related to the accidents in 1996~1998 on 11 urban road segments, Gwang-Ju, predicted accident rate. Traffic accident cost predict using predicted accident rate, and, traffic congestion cost predict using predicted average traffic speed(KHCM). Fifthly, a risk order are presented by predicted user cost at each segment in urban roads. Finally, it is compared and evaluated that LOS of 11 urban road segments, Gwang-Ju, by only a aspect of traffic operation without any concepts of safety and risk order by a method for evaluation of urban road in this paper.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

최근 차량보유인구의 급증과 차량의 성능 향상은 도로상의 교통체증과 교통사고를 유발하고 있다. 경찰청 통계자료에 의하면 연간 교통사고 발생건수는 1962년 5150건에서 2002년 230,953건으로 증가하였고, 도시부 간선도로 교통사고 발생건수는 2001년 57,761건에서 2002년 58,082건으로 증가하였다. 이 같은 결과로 볼 때 교통안전측면에서의 도로평가 방법의 개발 및 시행이 시급하다.

간선도로는 교통신호등이 교차로에 설치된 도로로서 그 주된 기능은 직진 교통량을 원활하게 처리하는 것이며, 부차적 기능은 인접위계의 도로와 유·출입을 원활하게 처리하는 것이다. 단속류인 간선도로에서는 지체가 많이 발생하여 교통소통에 많은 문제점을 가지고 있다. 또한, 간선도로는 교차로 및 이면도로와 접하고 있어 차량의 유·출입에 따른 교통상충 및 교통사고가 많이 발생하고 있다. 이와 같은 특성을 가진 간선도로에 대한 평가는 지체와 사고를 모두 고려한 것이어야 한다.

현재 우리나라 간선도로의 서비스수준(LOS)은 차량의 평균통행속도를 기준으로 평가되어지고 있다. 이는 도로의 혼잡도만을 기준으로 적용한 것으로 교통안전 측면이 고려되지 않은 것이 현실이다. 합리적인 도로 설계와 운영을 위한 평가 지표라면 도로 이용자에게 영향을 미치는 제반 인자들을 보다 포괄적으로 포함할 수 있어야 한다. 교통안전과 소통측면을 총괄할 수 있는 변수로 사용자비용 개념을 적용하여 간선도로 평가방법을 모색하고자 한다.

본 연구의 목적은

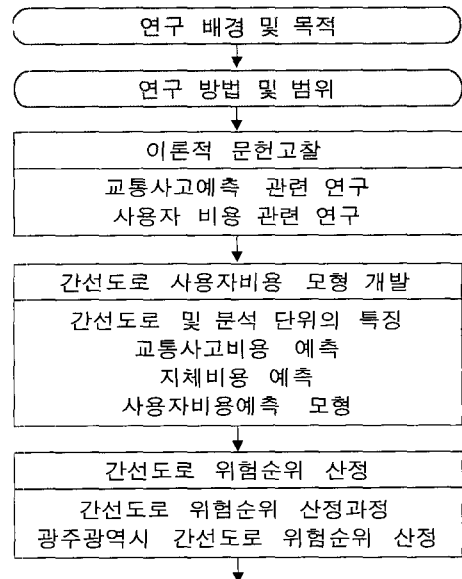
- 교통소통(지체)과 교통안전(사고)을 동시에 고려한 간선도로 사용자비용모형을 개발하여,
- 개발된 사용자비용모형을 통해 간선도로 위험순위 산정방안을 제시하는데 있다.

2. 연구의 내용 및 방법

본 연구는 간선도로 교통안전 및 교통소통을 평가하는 방법으로 사용자비용을 통해 간선도로 위험순위를 산정하는데 그 목적이 있다.

본 연구의 접근방법은 다음과 같다.

첫째, 간선도로 사고예측모형을 통해 도로기하구조에 따른 사고건수와 사고율을 추정하고 예측된 사고율을 통해 차량사고비용을 분석하고자 한다. 둘째, 도로용량편람에 의해 예측 가능한 평균통행속도를 설명변수로 한 차량운행비용과 통행시간비용을 분석하고자 한다. 셋째, 교통안전과 교통소통을 동시에 고려함으로써 사용자비용을 통한 간선도로 위험순위를 산정하고자 한다. 넷째, 광주광역시 간선도로 중 본 연구의 대상으로 가장 적절한 11개 구간을 선별하여 사용자비용을 산출하여 이에 통해 11개 구간의 위험순위를 결정하고자 한다. 마지막으로 교통소통측면만을 고려한 현 간선도로 평가방법에 의한 광주광역시 간선도로 11개 구간의 LOS와 본 연구에서 제시한 간선도로 평가방법에 의한 위험순위를 비교·분석하고자 한다. 본 연구의 수행 과정을 <그림 1>과 같이 제시하였다.



<그림 1> 연구 수행 과정

II. 기존 연구문헌 고찰

1. 교통사고예측 관련 연구

1) 심관보(1994)

도로기능에 있어 필수적인 간선도로 14개축을 선정하여 각 도로의 기하구조와 환경, 교통사고 자료를 분석

하여 간선도로 관련변인과 사고 특성들과의 관계를 분석하였다. 서울 내 간선도로를 구분하여 지역에 따라 교통사고 특성이 어떻게 나타나는지 이원분산분석을 통해 설명하였다. 그 결과 도시간선도로의 교통사고는 도로 폭 변인 하나만으로 65.8%까지 설명할 수 있다고 제시하고 있다. 도로의 기하구조와 설계요소들이 안전에 영향을 미친다는 관점에서 각 설계요소들과 사고의 관계를 나타내어 일관성 평가의 기준으로 제시하고 있다.

2) 최재성(1998)

도시부 간선도로(서울 강남)의 교통안전성 평가지표를 개발하였다. 교통안전성 지표 구축에 있어 연구방법으로 회귀분석, 신경망 이론의 적용을 통한 분석, 설문 조사를 이용하였다. 회귀분석의 결과, 8차로 미만의 도로에서는 정지시거가 교통사고 발생에 대한 설명력이 높았고, 8차로 이상의 도로에서는 횡단보도의 수가 적절한 설명변수로 선정되었다고 제시하고 있다. 또한, 신경망 이론적용 결과에 의하면 접속부의 시거가 교통사고에 주요요인으로 작용한다고 제시하고 있다. 분석 결과 교통안전성 평가 지표(ϕ)를 식(1)과 같이 제시하고 있다.

$$\phi = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} \phi_{1i} * l_{1i}}{\sum_{i=1}^{n_1} l_{1i}} + \frac{\sum_{i=1}^{n_2} \phi_{2i} * l_{2i}}{\sum_{i=1}^{n_2} l_{2i}} \quad (1)$$

- n_1 : 8차로 미만 구간의 수
- n_2 : 8차로이상 구간의 수
- l_{1i} : 8차로 미만 구간의 도로연장
- l_{2i} : 8차로 이상구간의 도로연장
- ϕ_{1i} : 8차로 미만 도로에서의 교통안전성 지표
- ϕ_{2i} : 8차로 이상 도로에서의 교통안전성 지표

3) Poul Greibe(2001)

간선도로를 Junction과 Road link로 나누어 교통사고 예측모형을 제시하였다. 독립변수로는 ADT (평균일교통량), Road section의 길이, 제한속도, 차로 수, 차로폭, 속도감소량, 버스정류장 유무, 주차형태, 토지이용형태, 보도 유무 등이 포함되었으며, 종속변수를 교통사고건수로 한 회귀식을 식(2), 식(3)과 같이 제시하였다.

$$\text{Roadlink 사고건수} = a N^p \beta_{1,i} \beta_{2,i} \beta_{3,i} \beta_{4,i} \beta_{5,i} \beta_{6,i} \quad (2)$$

$$\text{Junction 사고건수} = a N_{pri}^{p1} N_{sec}^{p2} \exp \sum \beta_{j x_j} \quad (3)$$

- N : 단일로 ADT
- N_{pri} : 주도로 ADT
- N_{sec} : 보조도로 ADT
- β_{1-6} : 도로기하구조에 의한 변수
- x : 도로기하구조에 의한 변수
- $a, p1, p2, \beta_j$: 추정계수 값

본 연구에서는 국내 간선도로 사고예측모형에 관한 연구가 미비한 관계로 Poul Greibe 교통사고 예측식을 일부 적용시켜 간선도로 사고건수를 예측하였다.

2. 사용자비용 관련 연구

1) 사용자비용에 대한 정의

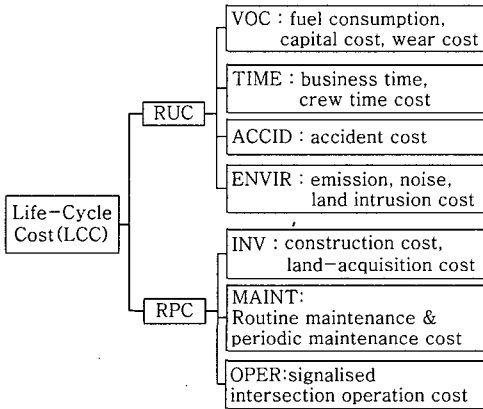
사용자비용이란 도로를 주행하는 차량들이 교통혼잡과 교통사고에 의해 받는 물질적, 정신적 피해를 화폐가치화시킨 것을 말한다. Karl-L. Bang(1997)은 Indonesian Highway Capacity Manual(IHCM)의 도로개선사업 연구에 있어 *Life-Cycle Cost(LCC)*개념을 도입하였다. *LCC Model*은 크게 도로이용자비용(Road-User Costs)와 도로설계비용(Road-Producer Cost)으로 나누어진다.

장재남(2000)은 합리적인 도로 설계와 운영을 위한 평가 지표는 사용자에게 영향을 미치는 인자를 보다 총괄적으로 평가할 수 있는 것이어야 함에 중점을 두고 사용자가 해당 도로를 가장 안전하고 적은 비용으로 운행하는지 판단하기 위한 척도로 사용자비용개념 도입을 시도하였다. 장재남은 사용자비용에 크게 사고비용, 차량운행비용, 통행시간비용으로 나누어 분석하였다.

본 연구에서 간선도로 사용자비용에 교통사고비용, 지체비용(차량운행비용, 통행시간비용)을 포함시켰으며, 교통사고비용은 구간별 사고율에 의해 도출하였으며, 지체비용은 간선도로 구간별 평균 통행속도 예측을 통해 도출하였다.

2) Karl-L.Bang(1997)

도로 안전성 평가에 있어 *Life-Cycle Cost(LCC)*를 이용하였다. *LCC*는 *RUCS*(도로이용자비용)와 *RPC*(도로설계·시공비용)으로 이루어져 있으며, 도로분석결과, *VOC*(차량운행비용)와 *ACCID*(차량사고비용)가 큰 비중을 차지하는 것으로 제시하였다.



3) 장재남 외 4인(2000)

고속도로 평가에 있어 사용자비용측면에서 접근하여 *v/c* (교통량/용량)의 변화에 따른 사용자비용의 관계를 제시하고 있다. 고속도로 기본구간(신갈-안산고속도로, 중부고속도로)을 대상으로 회귀분석 결과, 식(4)와 같은 관계를 제시하였다.

$$\begin{aligned} & \text{사용자 비용(백만원)} \\ & = 671,862.3(v/c)^2 - 1,087,993.8(v/c) \\ & + 629,891.1 + 142,789.1 \text{Exp}(0.94v/c) \end{aligned} \quad (4)$$

설계속도 100km/hr인 지방부 고속도로 기본구간의 설계시 설계서비스수준 C를 기준으로 *v/c*의 최대값인 0.7을 적용하고 있으나, 연구결과 사용자비용이 최소가 되는 0.54를 적용하여 도로설계와 운영방식의 개선에 대한 검토가 필요하다고 제시하였다.

III. 간선도로 사용자비용 분석

1. 간선도로 및 분석단위의 특징

도로용량편람(2001)에 의하면 간선도로는 교통 신

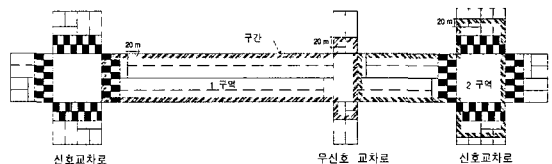
호등이 교차로에 설치된 도로로서 그 주된 기능은 직진 교통류를 원활하게 처리하는 것이며, 부차적 기능은 인접위계의 도로와 유·출입을 원활하게 처리하는 것이다. 또, 도시 내·외의 주요지점간을 연결하고, 대량 통과교통을 주로 처리하는 등 도로망의 주 골격을 형성하고 있는 도로를 의미한다.

교차로에 교통신호등이 설치되어 있으며 신호교차로 간의 거리는 3km 이내로서, 신호교차로간 평균거리는 300~500m, 동일기능 도로간의 간격은 500~1000m, 차로수는 편도 2차로 이상인 도로이다.

본 연구에 적용되는 간선도로는 다음과 같은 추가적인 특징을 갖는다. 교차로의 경우 도로 정지선에서 20m전·후방까지를 교차로 범위라 규명하고, 이 안에서 발생하는 교통사고는 교차로에서 발생하는 사고로 간주하였다. 또한, 무신호교차로의 경우 부도로 ADT(평균일교통량)가 3지 교차로의 경우 250대/일, 4지 교차로의 경우 500대/일보다 적은 경우에는 부도로를 이면도로로 분류하고 분석하였다.

도로용량편람에서 간선도로의 분석 기본단위는 구간으로서, 신호교차로에서 다음 신호교차로까지 한 방향의 길이를 말한다. 신호교차로 사이에 무신호교차로가 있는 경우는 이를 무시하고 분석한다. 일방통행도로인 경우는 모든 차로를 포함하여 분석한다. 만약, 동일한 등급의 간선도로에서 두 개 이상의 연속된 구간이 구간길이, 자유속도, 속도제한, 그리고 주변의 토지이용도가 비슷하다면 하나의 구간으로 분석하도록 명시하고 있다.

본 연구에서는 간선도로 구간 내에 무신호 교차로가 포함된 경우 교통사고비용 분석에 있어 교차로 사고비용을 제외시켰으므로 <그림 2>와 같이 구간을 두 구역으로 나누어 분석하였다. <그림 2>의 구역2에 대한 교통사고비용 분석 시, 교차로 정지선으로부터 20m내의 구역에서 발생하는 사고는 간선도로 구간 내 특성에 의한 것이 아닌 신호교차로에 의한 사고이므로 이 구역내 사고에 대한 비용은 제외시킨다.



<그림 2> 분석의 기본단위

2. 교통사고비용 예측

1) 교통사고율

교통사고의 위험도를 비교평가하기 위한 지표로서는, 사고건수에 의한 방법, 사고율에 의한 방법, 사고건수 및 사고율 병합방법, 사고율 및 질통제에 의한 방법 등이 있는데 사고 건수에 의한 도로안전성 평가를 실시하는 경우에는 각 지점의 교통량을 반영하지 못하게 되어 교통량이 많은 도로가 위험도로로 선정되는 경향이 있다.

그러므로 본 연구에서는 교통량의 영향을 반영하지 못한다는 단점을 보완할 수 있는 교통사고율에 의한 방법을 이용하여 간선도로를 평가해 보도록 한다.

본 연구에서 예측된 무신호교차로의 사고건수는 한 교차로를 지점으로 보고 그 지점에서 연간 발생할 것이라 예상되는 총 사고건수를 의미한다. 단일로의 예측 사고건수는 연간 단일로 1km당 발생할 것이라 예상되는 총 사고건수를 뜻한다. 구역별로 사고율을 계산해보면 다음 식과 같이 나타난다.

$$AR_{ni} = \frac{\text{교통사고건수} * 10^6}{365 * \text{연수} * ADT * \text{도로구간의길이}} \quad (5)$$

$$AR = \frac{\text{교통사고건수} * 10^6}{365 * \text{연수} * ADT} \quad (6)$$

$$AR = \frac{\sum_{i=1}^n AR_{ni} * l_{ni} + \sum_{k=1}^n AR_{jk}}{\text{구간길이}} \quad (7)$$

- AR_{ni} : i 번째 단일로 구역의 사고율
(100만대-km당 사고율)
- AR_{jk} : k 번째 무신호 교차로 구역의 사고율
(100만대당 사고율)
- $AR_{section}$: 구간 사고율
- l_{ni} : i 번째 단일로 구역 길이(km)

2) 교통사고비용

예측한 사고율을 통한 교통사고비용에 대해 분석해 보도록 한다. 교통사고는 그 경중에 따라 다음 <표 1> 과 같이 분리할 수 있다.

<표 1> 사고 심각도 구분기준

사고심각도	특징
사망	사고발생 후 30일 이내에 사망한 경우
중상	교통사고로 인하여 3주 이상의 치료를 요하는 부상을 입은 경우
경상	5일 이상 3주미만의 치료를 요하는 부상을 입은 경우
부상	5일 미만의 치료를 요하는 부상을 입은 경우
단순물피	부상 없이 단지 물질적인 피해만 입은 경우

본 연구 대상인 간선도로에 대한 구간 사고비용은 교통개발연구원의 연구자료 중 1996~1997년까지의 사고 심각도별 단위비용을 평균하여 적용하였다. 또한, 본 연구에서는 예시적으로 광주광역시 간선도로에 대한 위험순위를 산정하고자 하여, 광주광역시 사고심각별 비율을 대표값으로 사용하여 교통사고비용(만원/차량·km)을 식(8)과 같이 도출하였다.

<표 2> 사고심각도별 건당사고비용(C_i)

사고심각도별 분류	건당 비용(만원)
사망사고	37,333.19
중상사고	6,658.14
경상사고	1,102.70
부상신고사고	583.41
단순물피사고	109.66

<표 3> 사고심각도별 비율(P_i)

사고심각도별 분류	비율(%)
사망사고	0.96
중상사고	17.17
경상사고	14.32
부상신고사고	0.44
단순물피사고	67.12

교통사고비용 (10⁶차량·km 당)

$$\begin{aligned}
 &= AR_{section} * P_i * C_i \\
 &= \left(\frac{\sum_{i=1}^n AR_{ni} * l_{ni} + \sum_{k=1}^n AR_{jk}}{L} \right) * P_i * C_i \\
 &= \frac{4164891.364}{L} * \left(\sum_{i=1}^n AR_{ni} * l_{ni} + \sum_{k=1}^n AR_{jk} \right) \quad (8)
 \end{aligned}$$

- $AR_{section}$: 구역에서의 10⁶차량-km당 사고율
- P_i : $\frac{\text{각사고경중별건수} * 100}{\text{총사고건수}}$ (%)
- C_i : 사고 심각도별 건당 사고비용
- L : 분석구간길이
- i : 사망/중상/경상/부상/대물피해

3. 지체비용 예측

간선도로의 지체시간은 도로·교통·신호운영조건에 의해 KHCM의 절차에 따라 계산된 평균통행속도를 이용하여 계산하였다. 본 연구에서 간선도로 지체비용은 교통혼잡비용 구성요소 중 차량운행비용과 시간가치비용을 모두 고려하였다.

차량운행비용중 고정비는 75% 이상이 인건비에 의한 값이며, 그 외 고정비는 평균통행속도와의 관계가 확실하지 않으므로 인건비만을 고정비에 포함시켰다.

차량운행비용 중 변동비는 연료비가 30%이상을 차지하며, 특히 자가용승용차(비업무 승용차)의 경우에는 교통혼잡비용으로 고정비가 포함되지 않으므로, 연료비가 지체비용의 대부분을 차지한다. 연료비는 차량의 통행속도가 감소함에 따라 증가추세를 보이나, 교통 혼잡이 심해져서 통행속도가 감소하면 엔진오일비, 타이어비, 유지정비는 오히려 감소하는 경향이 있어 교통혼잡비용 분석결과를 도출하기 어려우므로 연료비만을 변동비에 포함시켰다.

교통지체의 발생으로 인하여 차량의 평균통행속도가 감소현상이 나타나게 되는데, 이는 곧 교통수단의 이용자와 운전자의 통행시간을 증가시킨다. 이에 따라 생산활동이나 여가활동에 사용될 수 있는 시간을 감소시키는 결과를 초래한다. 이러한 손실을 비용화한 것이 시간가치비용이다.

시간가치비용은 크게 차종별 업무·비업무 시간비용으로 나뉜다. 업무시간비용에 있어서, 고용된 운전자(버스, 택시)의 시간가치비용은 차량운행비용(고정비)에 인건비로 포함되므로 시간비용 분석에서는 제외시켰다. 또한, 화물차의 경우는 통행시간비용이 없다고 가정하고 분석하였다.

1) 차량운행비용

본 연구에서는 고정비중 인건비만을 고려하는데 자가용 승용차의 인건비는 포함되지 않으므로 업무용 승용차, 버스, 택시, 화물차의 인건비에 의해 계산된다.

본 연구에서는 별도로 차종별 인건비를 추정하는 대신 자료의 객관성을 유지하기 위해 기존의 연구결과를 활용하였다. 손의정(1992)의 연구결과에서 제시되는 연평균 증가율을 고려하여 <표 4>와 같이 차종별 운전기사 인건비를 추정하였다.

현실적으로 업무용 승용차와 비업무용 승용차의 구

<표 4> 차종별 운전기사 1인 인건비(원)

구분	업무용 승용차	버스			택시	화물
		시내	시외	업무용		
시간당임금	11,831	15,127	11,958	11,831	10,497	15,803

<표 5> 업무통행과 비업무통행의 비율(%)

통행수단	승용차	택시
업무통행(%)	36.22	25.40
비업무통행(%)	63.78	74.60

<표 6> 차종별 수단분담율(광주광역시)

통행수단	승용차	시내버스	시외버스	기타버스	택시	화물차
통행량	558,722	719,666	37,616	155,014	455,210	83,159
비율	27.81	35.82	1.87	7.71	22.65	4.14

별이 불가능하므로 모든 업무통행은 업무용 승용차에 의해서만 발생한다고 가정하였다. 그리고 간선도로의 수단분담율은 본 연구에서 예시적으로 평가하는 광주광역시 기존 연구조사 '1999년 5개 광역시 가구통행실태 조사 전수화 결과' 값을 적용하였다.

교통수단별 업무/비업무 통행비율은 현장 설문조사가 어려운 관계로 교통개발연구원의 자료중 간선도로의 특성 값을 적용하여 고정비를 도출하였다.

차량 - km 당 차량운행비용(고정비)

$$= \text{업무용 승용차 인건비} + \text{버스 인건비} + \text{택시 인건비} + \text{화물차 인건비}$$

$$= 10777.756 * \frac{1}{V_a} \text{ 원/대} \cdot \text{km} \quad (9)$$

• V_a : 평균 통행속도

본 연구에서 변동비는 연료소모비만을 고려하였다. 평균지체시간은 가·감속지체, 정지지체 그리고 분석기간 이전에 남아있는 대기차량에 의한 추가지체까지 고려한 것이므로 연료소모비 산출시 차량의 공회전에 따른 연료소모율과 유류가격(세전가격)을 이용하여 추정하였다.

본 연구에서 연료소모율은 <표 7>에서 제시된 값을

<표 7> 차종별 연료소비량 함수

구분	함수값(단위: l/1000km)
승용차	$11.6837 + \frac{1.183.91}{speed} + 0.001693 \cdot speed^2$
버스	$67.5179 + \frac{1.613.46}{speed} + 0.01766 \cdot speed^2$
트럭	$90.2777 + \frac{1.922.82}{speed} + 0.1932 \cdot speed^2$

사용하였고, 유류세전가격은 1996~1997년의 단위비용을 평균하여 적용하였다. 따라서 간선도로 한 구간에 대한 차량-km당 변동비(원/대·km)는 다음 식과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{차량-km 당 차량운행비용(변동비)} \\
 &= [(\text{승용차연료소모량} \times C_g \times P^c) \\
 &+ (\text{버스연료소모량} \times C_b \times P^b) \\
 &+ (\text{트럭연료소모량} \times C_l \times P^l)] / 10^3 \\
 &= 32.346 + \frac{1334.936}{V_a} + 0.00935 V_a^2 \quad (10)
 \end{aligned}$$

- C_g, C_b, C_l : 휘발유, 경유의 단가
- P^c, P^b, P^l : 차종별 수단분담율
- $V_a, speed$: 평균 통행속도

2) 시간가치비용

시간가치비용 분석 시 변수로 사용되는 간선도로 수단별 통행목적별 시간가치와 차종별 평균재차인원은 교통개발연구원의 연구치를 적용하였다. 간선도로 한 구간 주행 시 시간가치비용은 다음 식과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{차량-km 당 통행시간비용(원/대·km)} \\
 &= \frac{1}{V_a} [\sum P^x M^x (T_w^x C_w^x + T_{nw}^x C_{nw}^x)] \\
 &= 36580.568 \times \frac{1}{V_a} \quad (11)
 \end{aligned}$$

- M^x : 차종별 평균 재차인원
- T_w^x, T_{nw}^x : 업무/비업무 통행비율
- C_w^x, C_{nw}^x : 목적별 차종별 통행시간가치

<표 8> 차종별 평균재차인원

구분	승용차	택시	버스	
			업무용	영업용
전국 도시내 도로 평균치	1.4	2.23	3.96	34.92
광주광역시 도시철도건설 타당성 조사(1992)	2	2.52	3.96	36.6

<표 9> 목적별 차종별 통행시간가치

구분	업무시간당 가치	비업무시간당 가치
승용차	14,224원	1,764원/인
버스승객	7,055원	1,764원/인
택시승객	14,224원	1,764원/인

4. 간선도로 사용자비용 모형 개발

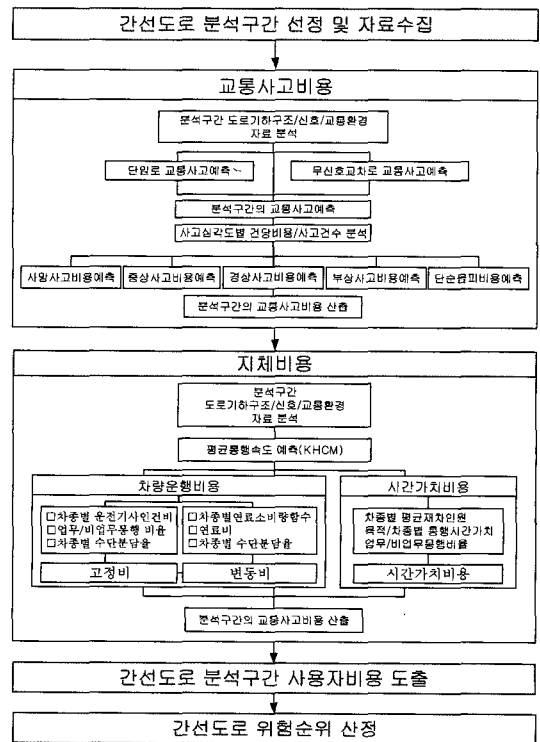
간선도로의 사용자비용은 교통사고비용과 지체비용(차량운행비용, 시간가치비용)의 총합으로 산정 할 수 있으며, 각 비용을 모두 고려한 사용자비용은 식(12)과 같이 사고율과 평균통행속도의 함수로 산출된다.

$$\begin{aligned}
 & \text{차량-km 당 사용자비용(만원/대·km)} \\
 &= \frac{4164891.364}{10^6 \cdot \text{구간길이}} \left[\sum_{i=1}^{n1} AR_{ri} l_{ri} + \sum_{k=1}^{n2} AR_{jk} \right] \\
 &= \left[32.346 + \frac{48693.26}{V_a} + 0.00935 V_a^2 \right] 10^{-4} \quad (12)
 \end{aligned}$$

IV 간선도로 위험순위 산정

1. 간선도로 위험순위 산정

본 장에서는 앞장에서 분석한 사용자비용예측 식을 통해 간선도로 위험순위 산정방안을 제시하고자 한다. 간선도로 위험순위 산정과정은 <그림 3>에 제시하였다.



<그림 3> 간선도로 위험순위 산정방안

2. 광주광역시 간선도로 위험순위 산정

본 연구는 기존에 지체만으로 고려한 간선도로 평가에서 벗어나 총괄적인 개념의 MOE를 적용하여 새로운 간선도로 평가를 실시해보고자 했다.

새로운 MOE은 지체(교통소통)뿐 아니라 사고(교통안전)까지 총괄적으로 포함할 수 있는 '사용자비용'개념을 도입하였다. 이를 통해 간선도로 위험순위를 산정할 수 있으며, 위험순위별로 개선사업 우선순위나 그 외의 평가 순서를 결정할 수 있다.

본 질에서는 예시적으로 광주광역시 주요 간선도로 중 11개 구간을 선별하여 각 구간별 사용자비용을 분석하고, 이를 이용하여 11개 구간의 위험순위를 산정해보고자 한다. 또한, 위험순위 산정 결과를 비교·평가해보고자 한다.

- 공간적 범위 : 광주광역시 간선도로 11개 구간
- 시간적 범위 : 1996~1997년

1) 자료 특성

(1) 분석구간 선택

광주광역시 내 간선도로 중 각 축별로 편도 2차로 이상인 11개구간 <표 10>을 선정하였다. 단, 동일한 특성을 가지는 간선도로 축 내에서 구간 선정시 3구간 이상 선정하지 않는 것을 원칙으로 하였다.

<표 10> 분석구간별 범위

구간번호	구간범위
1	신학대학4거리~화정4거리
2	중앙초교4거리~한국은행앞4거리
3	시청4거리~산장입구4거리
4	용일장4거리~서방4거리
5	상무시장4거리~신학대학4거리
6	노동청4거리~동구청4거리
7	서방4거리~산장입구4거리
8	전대4거리~신안4거리
9	농성동한전4거리~서부서4거리
10	조대입구4거리~살레시오여교4거리
11	부일공업사4거리~서광중4거리

(2) 도로기하구조 자료

본 연구에서 도로 및 신호운영자료에 대한 것은 1차적으로 도로교통안전협회 자료인 '교통사고 잦은 곳 기본개선계획(1996,1997)'에 제시된 도면 및 신호현시를 이용하여 수집하였다.

내역을 통해 얻을 수 없거나 확실성이 떨어지는 자

료에 대해서는 2차적으로 현장조사를 실시하였다.

각 선정구간별 도로기하구조 중 차로폭, 차로수, 구간 길이는 인접한 신호교차로의 1997년도 도면을 통해 예측하였다. 간선도로 분석구간 선정시 도로기하구조가 크게 변하지 않는 구간을 선별하였으므로 진출입로수, 이면도로수, 구간내 횡단보도수, 버스정류장수 등의 자료는 2003년 현장조사를 통해 자료 수집하여 활용하였다.

(3) 교통량 자료

'1997 교통관련 기초조사용 결과보고서'를 통해 얻어진 인접 신호교차로의 AADT를 방향별로 고려하여 분석구간의 AADT를 산출하였다. 본 연구대상 광주광역시 간선도로 11개 구간에 대한 연평균 일 교통량 자료는 현재 구할 수 없는 실정이므로, 본 연구에서는 시간대별 교통량을 이용하여 시간계수와 요일계수 그리고 월계수를 이용하여 연평균일교통량을 추정하였다.

(4) 신호운영 자료

신호운영 자료(신호주기, 녹색시간, offset)는 1997년 이후 개선·변경이 없다고 가정하고 현장조사를 통해 얻은 것을 활용하였다.

2) 분석 결과

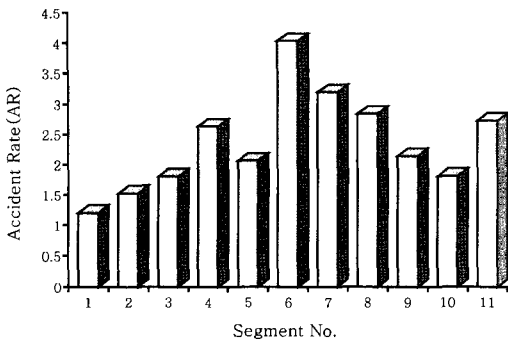
(1)구간별 사고율

교통사고비용 분석에 앞서 간선도로 11개 선별구간의 구간별 사고율을 예측해야 한다. 구간별 사고율은 구간별 도로·신호운영·교통 요소 특성별로 해당 사고 예측설명변수 값을 Poul(2001)의 모형에 의해 선택하고 이를 식(5), 식(6), 식(7)에 적용하여 산출하였다.

광주광역시 11개 구간별 사고율은 <표 11>과 같이 예

<표 11> 간선도로 분석구간별 예측사고율

No.	횡단보도	버스정류장	구간길이	예측사고건수	예측사고율
1	0	2	550.0	14.6	1.21
2	1	2	284.4	5.4	1.53
3	1	1	406.9	9.2	1.81
4	0	2	201.9	7.9	2.64
5	0	4	384.5	15.0	2.07
6	2	4	175.0	7.3	4.04
7	0	2	259.6	12.6	3.20
8	0	0	239.0	13.5	2.84
9	0	1	327.4	11.8	2.14
10	0	2	268.0	12.0	1.82
11	0	1	216.2	5.6	2.73



〈그림 4〉 분석구간별 사고율(10⁶차량·km당)

측했다. 〈그림 4〉에서 알 수 있듯이, 6번 구간(노동청4거리~동구청4거리)의 사고율이 가장 높은 것으로 나타났다. 이 구간은 11개 선정구간 중 가장 도심지에 위치하는 구간으로 제한속도가 50km/hr이며, 구간 내 횡단 보도 2개, 버스정류장 4개로 사고발생유발변수들이 많아 이와 같은 결과를 보이는 것으로 판단된다.

(2) 구간별 사용자비용 및 위험순위 산정

광주광역시 11개 선정구간별로 방향을 고려하여 각각의 사용자비용을 식(12)을 통해 산출하였다.

그 결과, 〈표 11〉과 같이 지체비용은 전대4거리~

〈표 11〉 구간·방향별 사용자비용(원/차량·km)

구간 번호	차량 운행 비용	시간가치 비용	교통사고 비용	사용자 비용	위험 순위	LOS (KHCM)
1 →	618.9	1759.3	25204.3	27582.5	1	E
←	663.5	1895.7	25204.3	27763.6	2	E
2 →	1062.2	3106.2	31926.5	36094.9	4	F
←	843.2	2442.5	31926.5	35212.3	3	F
3 →	763.9	2201.6	37618.0	40583.5	5	F
←	764.5	2203.3	37618.0	40585.8	6	F
4 →	1074.3	3142.8	54931.4	59148.4	13	F
←	1221.9	3589.4	54931.4	59742.7	14	F
5 →	441.8	1210.7	43033.9	44686.3	9	D
←	772.8	2228.4	43033.9	46035.1	10	F
6 →	569.6	1607.8	84104.5	86281.9	21	E
←	824.5	2385.7	84104.5	87314.6	22	F
7 →	855.8	2480.8	66544.3	69880.9	19	F
←	1197.2	3514.8	66544.3	71256.2	20	F
8 →	1625.5	4809.7	59128.3	65563.5	18	FF
←	1438.6	4244.7	59128.3	64811.5	17	FF
9 →	975.9	2844.8	44606.9	48427.6	12	F
←	657.6	1877.6	44606.9	47142.1	11	E
10 →	807.7	2334.8	37865.2	41007.7	7	F
←	818.4	2367.1	37865.2	41050.6	8	F
11 →	1139.9	3341.4	56796.9	61278.2	15	F
←	1500.6	4432.1	56796.9	62729.5	16	FF

신안4거리 구간이 가장 높은 것으로 나타났으며, 사용자비용의 경우에는 신학대학4거리~화정4거리 구간의 LOS가 높은 것으로 나타났다.

도로용량편람(2001)에 따른 구간별 LOS를 산정해 본 결과, 전대4거리~신안4거리 구간이 FF로 LOS가 가장 낮으나, 사용자비용에 따른 구간별 LOS는 노동청4거리~동구청4거리 구간이 가장 낮은 것으로 나타났다.

V 결론 및 향후 연구과제

1. 결론

본 연구는 사고비용과 지체비용을 모두 고려한 사용자비용을 효과적으로 하는 간선도로 위험순위 산정 방안을 개발하는 것을 목적으로 하였으며 연구결과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

- Poul Greibe의 간선도로 사고예측모형을 통해 사고비용을 산정하였다.
- 현재 간선도로 평가방법의 효과적도인 평균통행 속도에 따른 지체비용 산정 방법을 개발하였다.
- 사고비용과 지체비용을 모두 고려한 사용자비용을 통하여 간선도로 위험순위 산정방법을 제시하였다.
- 예시적으로 광주광역시 간선도로 11개구간을 선별하여 사용자비용 위험순위와 평균통행속도에 의한 LOS를 산정하여 비교·평가하였다.

2. 향후 연구과제

- 본 연구에서는 간선도로 구간간선도로 사고예측에 Poul(2001)의 모형을 적용하였다. 적용과정에 있어 검증단계를 거쳐야 하나 본 연구에서는 간선도로 구간 사고자료가 미흡하여 이를 행하지 못하였다. 추후에 국내 간선도로 사고예측모형이 구축된다면 보다 설명력 있는 위험순위 산정방안 제시가 가능할 것이다.
- 사용자비용에 있어 차량사고비용의 비중이 커서 지체비용이 상대적으로 영향력을 상실하게 된다. 이를 보완하기 위한 연구가 이루어져야 할 것이다.
- 간선도로의 서비스수준 평가에 있어 각 수준별 사용자비용을 도출하여 간선도로 서비스수준 제시방안에 대한 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

1. Karl-L.Bang, Gunnar Lindberg, and Gandhi Ha rahap (1997), Development of Guidelines Based on Life-Cycle Cost To Replace Level-of-Service Concept in Capacity Analysis, TRR 1572.
2. Poul Greibe(2001), Accident Prediction Models for Urban Roads, Accident Analysis Prevention 35.
3. 공선희(2003), 고속도로 사고예측모형의 비교평가에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
4. 손의정(1992), 교통혼잡비용 예측 연구, 교통개발연구원.
5. 심관보(1994), 도시간선도로의 관련변인에 따른 교통사고분석, 교통안전연구논총 제13권.
6. 유정복(2002), 2001년 교통사고비용 추정방법론 연구, 교통개발연구원.
7. 장재남·이용택·김호덕·장명순(2000), 사용자비용 최적화를 통한 도로 설계서비스수준 산정방안, 대한교통학회지, 제18권 제2호, 대한교통학회, pp.17~25.
8. 최재성(1998), 도시부 간선도로의 교통안전성 평가지표 개발, 대한교통학회지, 제16권 제3호, 대한교통학회, pp.47~56.
9. 교통개발연구원, 1999년 5개 광역시 가구통행실태조사 전수화결과.

✉ 주 작 성 자 : 박정하

✉ 논문투고일 : 2004. 12. 16

논문심사일 : 2005. 1. 31 (1차)

2005. 9. 1 (2차)

2005. 11. 23 (3차)

심사판정일 : 2005. 11. 23

✉ 반론접수기한 : 2006. 4. 30