

■ 論 文 ■

지방부 2차로도로의 새로운 서비스수준 산정에 관한 연구

A Study on The New Level of Service for Rural Two-Lane Highways

박 제 진

(한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원)

하 태 준

(전남대학교 토목공학과 부교수)

목 차

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> I. 서론 II. 기존 연구문헌 고찰 <ul style="list-style-type: none"> 1. 2차로도로의 서비스수준 산정방법 2. 교통사고예측모형에 관한 연구 3. 교통사고비용 관련 연구 4. 2차로도로의 지체 관련 연구 5. 지체비용 관련 연구 III. 지체와 사고를 고려한 2차로도로의 서비스수준 산정방법 제시 | <ul style="list-style-type: none"> 1. 지방부 2차로도로의 서비스수준 산정과정 2. 총지체비용 산출방법 3. 총교통사고비용 산출방법 4. 운영비용 산출 5. 지방부 2차로도로의 서비스수준 IV. 결론 및 향후 연구과제 <ul style="list-style-type: none"> 1. 결론 2. 향후 연구과제 참고문헌 |
|--|--|

Key Words : 지체, 사고, 2차로도로, 서비스수준, 운영비용

Delay, Accident, Rural two-lane highway, Level of service, Operating cost

요 약

2차로도로는 우리나라 포장도로의 80% 이상을 차지하고 있기 때문에 2차로도로가 국내의 교통흐름에 있어서 차지하고 있는 비중은 매우 높다할 수 있다. 그러나 2차로도로는 진행방향당 한 차로만이 허용되어 있어 저속차량에 의해 지체가 발생할 경우 고속차량이 대향차로를 이용하여 추월해야 한다. 이러한 추월은 교통사고를 유발할 가능성이 매우 높으며 추월에 의한 사고는 중앙선 침범에 의한 정면 충돌사고를 일으킬 수 있으므로 사고의 심각도 또한 매우 높다할 수 있다. 그러나 2차로도로의 전반적인 운영상태 등을 나타내는 서비스수준에 대하여 현행 *KHCM*에서는 '서비스수준이란 통행속도, 통행시간, 통행자유도, 안락감 그리고 교통안전 등 도로의 운행상태를 설명하는 개념으로 정의하고 있지만 실제 서비스수준을 산정함에 있어서 서비스수준의 개념에 나타나 있는 바와는 달리 총지체율만을 이용하여 서비스수준을 산정하기 때문에 지체만을 고려하고 사고(교통안전)를 고려하지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 기존의 서비스수준 산정방법인 총지체율을 이용하여 지체시간을 산정하는 방법을 제시한 후, 여기에 지체비용을 곱하는 방식으로 총지체비용을 산출하는 방법을 제시하며 사고를 고려하기 위해 교통사고예측모형을 통하여 교통사고건수를 예측하고 여기에 평균교통사고비용을 곱하는 방식으로 총교통사고비용을 산출하는 방법을 제시한다. 마지막으로 앞에서 산출된 총지체비용과 총사고비용을 합산하여 운영비용을 산출함으로써 지체와 사고를 고려한 서비스수준의 새로운 판정척도를 개발하고 더불어 서비스수준을 제시하였다.

Two-Lane Highway of Korea is important. Because it has the largest portion of all roads of Korea. But it has only one lane for one direction. So, If Delays are happened by low-speed vehicles, high-speed vehicles should over-take through the other side of the road. This over-takings can generate the high possibility of traffic accidents and the severity of traffic accidents by over-takings is very high. Because it generates a head-on collision. But the level of Service that indicates the operation states of Two-Lane Highway is defined as a conception that explains the operation conditions of traffic safety etc. When calculating the Level of service. It is considered by only delays. So, in this paper, first, this author wants to present the calculation of delay-time by Total-Delay Rate. Second, by multiplying this delay-time by the costs of delays wants to present the method of calculates the total delay costs. Third, to consider the traffic accidents, After predicting the number of traffic accidents, As multiplying this by the average of costs of traffic accidents. want to present the method to calculate Total traffic accidents costs. Forth, present the operation costs.

I. 서론

교통시설을 평가하는 서비스수준(LOS)에 대하여 1965년의 HCM에서는 “운전자나 승객의 인지도와 교통류의 운행조건을 카테고리별로 특징지어 구분하는 수학적 수단”으로 정의하였다. 즉 통행속도, 통행시간, 통행자유도, 안락감, 그리고 교통안전 등과 같은 정성적 또는 정량적인 운행조건을 설명하는 개념이다.

현재 우리나라 포장도로의 80% 이상이 2차로 도로이며 확포장을 통하여 4차로 이상으로 확장하고 있다. 그러나 2차로도로의 비율은 여전히 가장 높으며 2차로도로의 서비스수준을 평가하는 척도로 1965년 HCM에서는 주행속도, 1985년 HCM에서는 지체시간백분율, 즉 차량군내에서 희망속도로 주행하지 못하는 모든 차량들이 지체되는 평균시간의 백분율을 이용하였으며, 1994년 HCM에서는 PTD, 2000년 HCM에서는 PTSF를 이용하여 2차로도로의 서비스수준을 분석하고 있다. 반면 국내는 1992년 도로용량편람의 지체시간백분율, 교통량 대 용량비, 평균통행속도를 이용하였으며, 2001년 도로용량편람의 총지체율을 이용하고 있다.

그러나 2차로도로의 서비스수준의 척도인 지체시간백분율, PTD, PTSF, 총지체율 등은 서비스수준의 정의에서 언급된 교통안전을 고려하지 못하고 있다. 2차로 도로는 다차로도로와 달리 방향당 한 차로만 확보되어 있어 다른 여타의 도로에서는 볼 수 없는 대향차로를 이용한 추월이라는 특징을 가지고 있다. 따라서 다차로도로에 비하여 사고의 가능성 뿐만 아니라 사고가 발생할 경우 그 심각도 또한 높다할 수 있으므로 2차로도로의 서비스수준을 산정하는 데에는 반드시 교통안전을 고려하여야 한다.

이에 따라 본 연구의 목적은 다음과 같다.

- 1) 지방부 2차로도로에서 지체에 의한 총지체비용 산정방법을 제시하고,
- 2) 교통사고의 예측을 통한 지방부 2차로도로의 총교통사고비용 산출방법을 제시하며,
- 3) 지방부 2차로도로의 새로운 서비스수준판정 척도인 운영비용의 산출방법을 제시하는 것이다.
- 4) 지방부 2차로도로의 새로운 서비스수준을 산정하는 방법 및 새로운 서비스수준을 제시하는데 있다.

본 연구에서는 지체와 사고를 동시에 고려하기 위하여 먼저 총지체비용을 산출하고 다음으로 총사고비용을 산출

하여 이 두가지 요소를 합산하는 방법으로 서비스수준의 판정척도인 운영비용을 산출하였다. 그리고 이 운영비용을 이용하여 서비스수준 산정방법과 서비스수준을 제시하였다.

본 연구의 공간적 범위와 시간적 범위는 다음과 같다.

- 공간적 범위 : 전라북도 내 지방지역의 국도, 지방도 (교통사고예측모형의 공간적 범위)
- 시간적 범위 : 2001-2005년(전라북도 지방지역별 사고자료, 현황조사자료, 교통사고비용, 지체비용 등)

II. 기존 연구문헌 고찰

1. 2차로도로의 서비스수준 산정방법

2차로도로는 중앙선을 기준으로 하여 각 방향별로 한 차로씩 차량이 운행되는 도로를 말한다. 따라서 2차로도로에서는 고속차량이 저속차량에 의해 통행이 지연되는 경우, 고속차량은 대향차로를 이용하여 추월을 하게 되므로 사고의 위험성이 매우 높다.

이러한 2차로도로의 서비스수준은 도로를 이용하는 차량의 운행상태의 질, 즉 정성적 또는 정량적인 값을 수학적으로 나타내는 기준으로, 교통류의 질에 따라 A에서 F까지 여섯 단계로 구분된다.

1) 도로용량편람(2001)

도로용량편람(KHCM)에서는 2차로도로의 서비스수준 판정척도로써 ‘총지체율’이라는 개념을 이용한다. 총지체율이란 일정구간을 주행하는 차량군 내에서 차량이 평균적으로 지체하는 비율을 말하는 것으로 산정식은 식 (1)과 같다.

$$TDR = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{TT_{ai} - TT_d}{TT_{ai}} \right)}{n} \quad (1)$$

TDR : 총지체율(%)

TT_{ai} : 실제 통행시간

TT_d : 희망 통행시간

n : 교통량(대)

2) Highway Capacity Manual(2000)

추종시간 백분율(Percent Time Spent Following)을 이용하여 서비스수준을 판정하였다. 추종시간 백분율의 산정식은 식(2)와 같다.

$$PTSF = BPTSF + f_{d/np} \quad (2)$$

PTSF : percent time-spent-following

BPTSF : base percent time-spent-following for both directions of travel combined

f_{d/np} : adjustment for the combined effect of the directional distribution of traffic and of the percentage of no-passing zones on percent time-spent-following

3) 이동민(2000)

이동민은 '2차로도로의 새로운 서비스수준 분석 척도의 개발'에서 2차로도로의 서비스수준 분석방법으로 통용되고 있는 HCM의 지체시간백분율의 문제점을 지적하고 그에 따라 총지체율이라는 새로운 척도에 의한 분석방법을 제시하였다. 그 결과, 「총지체율에 의한 서비스수준 분석」, 「통량 증가에 따른 현실적인 서비스수준 구분」, 「간접적인 서비스척도의 단점을 보완하여 특정구간의 분석가능」, 「일반 및 특정구배지형의 통합된 척도 마련」 등의 결과를 도출하였다.

4) Morall(1990)

HCM이 제시하고 있는 추종시간 백분율의 한계를 지적하고 2차로도로의 서비스수준 판정척도로 추월횟수 및 추월율을 제시하였다.

5) Werner(2006)

운전자의 편안함은 독일에서는 중요한 요소로 작용하지 않음에 따라 PTSF는 중요한 서비스수준 판정척도 척도로 사용되지 않고 오로지 안전, 운영의 질 혹은 환경적인 영향과 같은 요소들이 중요한 결정 변수로 작용된다고 언급하였다.

2. 교통사고예측모형에 관한 연구

1) Andrew Vogt, Joe Bared(1998)

Andrew Vogt와 Joe Bared는 Accident Models for

Two-Lane Rural Roads ; Segments and Intersections Minnesota와 Washington의 지방부 2차로도로 자료를 토대로 Segments, Three-legged and four-legged intersection에 대한 사고예측모형을 제안하였다. 변수로는 교통량, 기하구조, 차로폭 및 측방여유폭, Roadside hazard rating, channelization 그리고 연결부도로 등이 사용되었다.

2) 이수범(2003)

이수범(2003)은 각 도로의 특성과 형태별로 사고를 예측할 수 있는 방법을 제시하였다. 이를 위해 호남고속도로와 전라북도 내의 지방지역의 국도와 지방도를 대상으로 사고에 영향을 미치는 도로 특성요인을 파악하고, 각 도로 형태에 따른 요인들과 사고와의 관계를 분석하였으며, 이를 토대로 도로의 물리적인 요인에 따른 해당 구간의 사고발생 가능성을 예측할 수 있는 모형을 제시하였다. 그 결과 선정된 변수 모두 사고에 영향을 주는 것으로 나타났다. 그 중 교통량(AADT)과 교차로 수, 연결로 수가 사고와의 연관성이 가장 높은 것으로 나타났으며, 특히 중앙분리대의 경우 사고와 음의 상관성을 가지는 것으로 분석되었다. 선택된 변수들로 개발된 사고예측모형 결과는 다음과 같다.

$$Y = 3.949E03 + 9.261E05 \times (X_1) + 0.400 \times (X_2) \quad (3)$$

Y : 사고건수(건/km)

X₁ : 교통량(대/일)

X₂ : 연결로 수(개/km)

3) James A. Bonneson & Patric T. Mccoy(2001)

James A. Bonneson과 Patric T. Mccoy의 연구에서는 도로를 중앙 분리시설로 분리와 비분리로, 좌회전 차로로의 분리와 비분리로 구분하여 각각의 조건에 따른 사고예측모형을 개발하였다. 그 결과 사고는 연평균일 교통량(AADT), 도로 길이, 밀도, 토지 이용 등에 영향을 받는다는 결과를 제시하였다.

3. 교통사고비용 관련 연구

1) 교통사고비용

교통사고는 인명피해, 재물적 피해와 정신적 피해 등

경제적 손실을 가져온다. 교통사고 사회적 비용이란 도로에서 교통활동으로 인해 사람이 사망하거나 부상당하고 물건이 손상된 교통사고로 발생한 모든 경제적 손실을 누가 부담하느냐와 관계없이 화폐적 가치로 환산한 것이다. 도로교통사고 사회적 비용은 인적피해비용, 물적피해비용과 사회기관비용으로 나누어서 추계하고 있다.

2) 한국교통연구원(2005)

한국교통연구원은 교통사고비용을 “교통사고로 발생한 모든 경제적 손실을 부담 주체와 상관없이 화폐적 가치로 환산한 것”으로 정의하고, 교통사고 비용을 내부비용(private/internal cost)과 외부비용(external cost)으로 구분하였다. 내부비용은 시장가격에 반영되어 당사자 개인이 직접 지출하는 비용이고 외부비용은 제 3자의 경제활동이나 생활에 영향을 미치지만 생산자나 소비자의 경제활동에 의해 시장가격에 반영되지 못한 비용을 의미한다.

<표 1> 교통비용의 분류

비용 항목	내부(사적)비용	외부비용
차량 운행	유류비, 차량비, 통행료	다른 사람이 부담하는 비용
교통 시설	도로이용료, 차량세, 유류세	회수되지 않는 시설비용
교통 사고	보험료, 교통사고비용	다른 사람이 부담하는 정신적, 육체적 고통 등
환경 오염	환경악화에 의한 불편	소음, 대기오염으로 인한 이체 피해, 재산 피해 등
교통 혼잡	시간비용	다른 사람에게 전가되는 교통정체 비용

한국교통연구원에서는 <표 1>에 제시된 방법 중에 총 생산손실법을 근간으로 도로교통사고의 사회적 비용 중 물리적 비용을 추정하고 여기에 심리적 비용인 PGS (Pain, Grief and Suffering) 항목을 추가하여 교통사고의 사회적 비용을 추정하였다. 추정된 교통사고의 사회적 비용은 <표 2>와 같다. <표 2>에 제시된 비용은 교통사고의 1건당 교통사고비용을 나타낸다.

<표 2> 교통수단별 사고 1건당 교통사고 비용 (단위:만원)

구분	물리적 비용 (PGS 제외)	교통사고비용 (PGS 포함)
도로	2,214	3,662

4. 2차로도로의 지체 관련 연구

1) 지체시간 산정모형

TWOPAS 모형은 시뮬레이션 모형으로 도로길이, 추월관련자료, 교통량, 혼입율 등을 입력하여 평균지체시간, 구간평균속도 등의 결과를 출력할 수 있다. 후주의 TRARR 모형 또한 시뮬레이션 모형으로 필수입력자료와 보조입력자료로 구분된 입력자료를 이용하여 추월율, 연료소모량, 차량군, 지체시간 백분율 등을 산출할 수 있다. 또한 황경수의 PDEM 모형은 차량군에 존재하는 저속차량의 수가 2대 이상인 경우의 지체시간을 예측하기 위한 수학적 모형이다.

5. 지체비용 관련 연구

도로의 혼잡비용이란 용량을 초과하는 과다한 교통수요나 도로구조상의 문제, 그리고 교통사고 등의 다양한 원인에 의해서 발생하는 차량의 지·정체 및 대기행렬 현상을 말한다. 즉, 정상적인 자유흐름(Free Flow)에서의 통행속도와 정체로 인한 실제속도 간의 차이로 인하여 발생하게 되는 추가적인 비용을 의미한다.

1) 교통혼잡비용의 구성요소

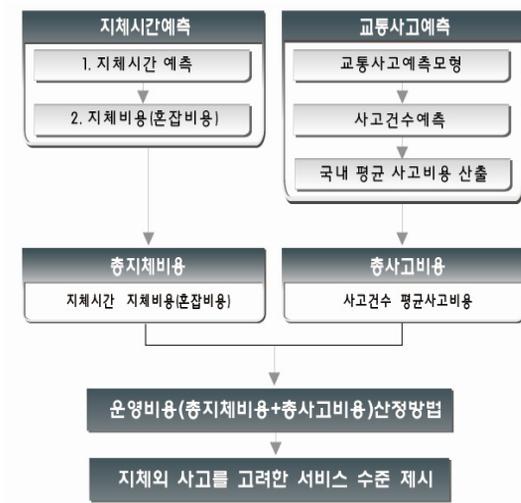
교통혼잡비용은 보통 크게 차량운행비용과 시간가치비용으로 구분되는데 차량운행비용은 다시 고정비와 변동비로 구분된다. 고정비는 운전자의 인건비, 차량의 감가상각비, 보험료, 각종 제세공과금 등이 있고, 변동비에는 연료소모비와 차량의 유지정비비, 엔지오일비, 엔지오일비, 타이어마모비 등이 있으나, 실제로 연료소모비를 제외한 나머지 항목들은 계산하기가 곤란하므로 혼잡비용의 산출에 있어 변동비의 대부분은 제외된다.

시간가치비용은 교통혼잡으로 인하여 발생한 손실시간분의 비용(혹은 가치)으로서 이를 화폐단위화한 것이다. 즉, 차량의 운행속도가 정상속도를 유지하였다면 원하는 시간에 목적지에 도달하여 개개인의 경제활동 및 재화 창출의 기회를 가질 수 있으나, 혼잡에 의해 지체된 시간만큼 이러한 기회를 상실하므로 이에 대한 가치비용을 산출한 것이다.

III. 지체와 사고를 고려한 2차로도로의 서비스 수준 산정방법 제시

1. 지방부 2차로도로의 서비스수준 산정과정

본 연구에서는 지체시간을 산정하는 방법을 제시하고 산출된 지체시간 모형에 개별 차량의 지체비용(혼잡비용)을 적용하여 총지체 비용을 산출하는 방법을 제시하고 교통사고예측모델과 국내 평균 교통사고 비용을 곱하여 총사고비용을 산출하는 방법을 연구하였다.



〈그림 1〉 연구수행도

2. 총지체비용 산출방법

1) 지체시간 산정

본 연구에서는 도로용량편람의 총지체를 산정식을 변형하는 방법을 통하여 지체시간을 산정하는 방법을 제시하였다.

도로용량편람에서는 2차로도로의 서비스수준 판정척도로 총지체율을 사용하고 있다. 여기서 총지체율이란 일정구간을 주행하는 차량군 내에서 차량이 평균적으로 지체하는 비율로서 식(4)와 같이 산출된다.

$$TDR = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{TT_{ai} - TT_d}{TT_{ai}} \right)}{n} \quad (4)$$

TDR : 총지체율(%)

TT_{ai} : 실제 통행시간

TT_d : 희망 통행시간

n : 교통량(대)

위의 식에서 $TT_{ai} - TT_d$ 는 지체시간을 의미한다. 지체시간을 산출하기 위하여 우선 TDR 을 정의할 필요가 있다. 도로용량편람에서는 2차로도로를 2가지의 유형으로 분류하고 있어 각 유형에 따른 TDR 을 각각 정의하였다. 각각의 TDR 은 도로유형 1의 경우에는 $TDR_1 = 0.012 \times v$, 도로유형 2는 $TDR_2 = 0.0155 \times v$ (v : 시간당 교통량)로 나타난다. 그러나 본 연구에서는 지방부 2차로도로가 연구의 대상이므로 TDR_{II} 에 대한 지체시간을 산정하고자 한다. 따라서 위의 식(5)는 다음과 같이 변형될 수 있다.

$$TDR_{II} = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{TT_{ai} - TT_{di}}{TT_{ai}} \right)}{n} \quad (5)$$

식(4)에서 지체시간은 $TT_{ai} - TT_{di}$ 를 의미하므로 이를 유도하기 위하여 식(4)를 변형하였다. 그러나 실제 현장에서 개별 차량에 대한 TT_{ai} 와 TT_{di} 를 산출하는 것이 어려우므로 본 연구에서는 TT_{ai} 를 TT_a 로, TT_{di} 를 $TT_d (=80\text{km/h})$ 로 간주하였다. 결국 차량 한 대당 지체시간은 식(6)과 같이 유도될 수 있다.

$$TT_a - TT_d = \frac{TDR_{II}}{100} \times TT_a \quad (6)$$

TT_a : 실제평균통행시간

TT_d : 평균희망통행시간

〈표 3〉 서비스 수준에 따른 지체시간

구분	도로유형II		교통량 (pcph)
	총지체율 (%)	지체시간유도식	
A	≤10	지체시간 ≤ 0.1 × TT_a	≤650
B	≤20	지체시간 ≤ 0.2 × TT_a	≤1,300
C	≤30	지체시간 ≤ 0.3 × TT_a	≤1,900
D	≤40	지체시간 ≤ 0.4 × TT_a	≤2,600
E	≤50	지체시간 ≤ 0.5 × TT_a	≤3,200
F	> 50	지체시간 > 0.5 × TT_a	-

2) 지체비용 산정

고정비는 인건비, 감가상각비, 보험료, 제세공과금 등으로 구성된다. 다음의 표는 한국교통연구원에서 2005년에 발표한 “교통으로 인한 사회적 비용고찰 2003교통사고비용/교통혼잡비용”에서 제시된 값을 사용하였다.

〈표 4〉 연도별 고정비의 원단위 값 종합비교표
(단위: 원/대·시)

구분		2001	2002	2003
인건비	승용차	8,658.0	9,758.4	11,187.2
	택시	8,383.7	9,312.9	10,465.2
	소형버스	8,658.0	9,758.4	11,187.2
	대형버스	13,397.7	8,843.0	9,391.8
	화물차	9,375.7	9,607.3	9,097.4
감가상각비	승용차	577.2	579.9	607.5
	택시	470.5	519.3	569.4
	소형버스	772.1	802.0	834.1
	대형버스	2,716.2	2,962.4	2,992.2
	화물차	2,400.2	2,604.3	2,262.0
보험료	승용차	248.7	253.2	101.5
	택시	478.0	513.2	418.8
	소형버스	1,300.9	1,218.0	1,293.7
	대형버스	719.7	657.3	729.9
	화물차	523.5	604.4	566.5
제세공과금	승용차	89.9	84.3	87.6
	택시	46.6	46.6	18.0
	소형버스	29.9	30.3	43.0
	대형버스	38.7	39.3	46.8
	화물차	46.9	47.8	49.1

3) 변동비

차량운행비용 중 변동비는 연료소모량, 유지정비비, 엔진오일비, 타이어 마모비 등으로 구성되지만 교통혼잡비용의 산출에 있어서 유지정비비, 엔진오일비, 타이어 마모비는 현실적으로 산출이 곤란하므로 본 연구에서는 연료소모량만을 고려하였다. 연료소모비는 한국교통연구원에서 도출한 차량속도와 연료소모량에 대한 회귀방정식의 결과를 이용하여 차종별 연료소모량을 산출한다.

$$G_A(S) = 11.684 + 1183.908S^{-1} + 0.00469S^2 \quad (7)$$

$$G_B(S) = 67.518 + 1613.459S^{-1} + 0.01766S^2 \quad (8)$$

$$G_T(S) = 90.278 + 19.22822S^{-1} + 0.01932S^2 \quad (9)$$

$$G_A(S) : \text{승용차의 연료 소모량}(l/km)$$

$$G_B(S) : \text{버스의 연료 소모량}(l/km)$$

$$G_T(S) : \text{트럭의 연료 소모량}(l/km)$$

$$S : \text{차량운행속도}(km/hr)$$

또한 원단위로는 2003년 평균 l 당 가격으로 휘발유 375.9원/ l , 경유 363.9원/ l , LPG 278.0원/ l 을 적용하였다.

4) 시간가치비용

업무통행과 비업무통행, 평균재차인원을 고려한 차종별 대당 시간가치비용은 한국교통연구원에서 제시한 승용차의 12,889원, 버스의 77,575원을 적용하였다. 지역에 따라 다소 차이를 나타내고 있으나 따로 적용하기에는 어려움이 있어 본 연구에서는 평균값을 적용하였다.

5) 총지체비용 산출

총지체비용산출 방법은 식(6)과 지체비용을 합산한 것으로 한다. 따라서 총지체비용을 산출하는 과정을 제시하면 다음과 같다.

- 1단계 : 지체시간을 산정하는 과정으로 식(6)을 이용한다.

여기서, $TT_a - TT_d$ 는 하나의 종속변수로서 차량 한 대당 지체시간을 나타내고 TT_a 는 평균통행시간이라는 독립변수가 된다. 따라서 단위시간당 통행차량의 평균 총지체시간은 식(10)과 같다(단, n 은 단위시간당 교통량).

$$\{TT_a - TT_d\} \times n = \left\{ \frac{TDR_{II}}{100} \times TT_a \right\} \times n \quad (10)$$

- 2단계 : 지체시간 산정식에 지체비용(혼잡비용)을 곱하여 총지체비용을 산출한다.

고정비(인건비, 감가상각비, 보험료, 제세공과금)는 〈표 4〉의 연도별 고정비의 원단위 값 종합비교표의 2003년 자료를 이용한다. 따라서 고정비는 다음 식으로 산출되며, 변동비인 연료소모비는 식(7), 식(8), 식(9)에서 각각 산출된다.

$$\begin{aligned} &\text{총지체비용} \quad (11) \\ &= \left(\frac{TDR_{II}}{100} \times TT_a \right) \times \text{시간가치비용} \times n \\ &\quad + (\text{고정비} + \text{변동비}) \times n \end{aligned}$$

3. 총교통사고비용 산출방법

1) 교통사고예측모형

총교통사고비용을 구하기 위하여 먼저 교통사고건수를 예측하는 방법이 요구된다. 따라서 지방부 2차로에 대한 많은 교통사고 예측모형들 중 변수가 적어 적용이 용이한 이수범의 모형을 사용하였다.

$$Y = 3.949E03 + 9.261E05 \times (X_1) + 0.400 \times (X_2) \quad (12)$$

- Y : 사고건수(건/km),
- X₁ : 교통량(대/일)
- X₂ : 연결로 수(개/km)

2) 교통사고비용

다음으로 본 연구에서는 교통사고비용을 한국교통연구원(2005)의 “교통으로 인한 사회적 비용의 고찰”에 제시된 우리나라의 사고 한 건당 평균사고비용(PGS포함)을 적용하여 총사고비용을 산출하였다.

추정된 도로교통사고의 사회적 비용은 <표 5>와 같으며 <표 5>의 비용은 도로교통사고의 1건당 교통사고비용을 나타낸다.

<표 5> 교통수단별 사고 1건당 교통사고 비용 (단위:만원)

구분	물리적 비용 (PGS 제외)	교통사고 비용 (PGS 포함)
도로	2,214	3,662

이상에서 산출된 예측 교통사고건수와 교통사고비용을 곱하여 총교통사고비용을 산출하였다.

- 총교통사고비용 = 예측교통사고건수 × 사고 한 건당 평균 교통사고비용

4. 운영비용 산출

운영비용은 총지체비용과 총사고비용을 합한 값으로 정의될 수 있다.

- 운영비용 = 총지체비용 + 총사고비용

5. 지방부 2차로도로의 서비스수준

지방부 2차로도로의 서비스수준을 제시하기 위하여 서비스수준을 구별해 줄 수 있는 정량적인 값을 제시하기 위하여 먼저 이상적인 도로조건을 가정하였다.

이상적인 도로에서의 운영비용과 서비스수준을 구하고자 하는 2차로도로의 운영비용을 비교하여 그 해당 도로가 A~F 중 어디에 속하는가를 판단할 수 있게 하기 위하여 이상적인 도로조건을 가정하였다.

- 이상적인 도로 조건
 - 차로폭 : 3.5m 이상, 측방여유폭 : 1.5m 이상
 - 추월가능구간이 100%인 도로
 - 승용차만으로 구성된 교통류
 - 교통통제 또는 회전차량으로 인하여 직진 차량이 방해받지 않는 도로

먼저 이상적인 도로 조건 하에서 고정비를 산출하면, 이상적인 도로에서는 교통류가 승용차로만 구성되어 있으므로 혼잡비용(인건비, 감가상각비, 보험료, 제세공과금, 연료소모비)을 승용차의 값으로 일괄 적용할 수 있으며 산출된 고정비는 다음과 같다.

<표 6> 승용차 고정비 (단위 : 원/대·시)

승용차의 고정비			
인건비	감가상각비	보험료	제세공과금
11,187.2	607.5	101.5	87.6

따라서 차량이 지체되었을 경우 지체에 의한 승용차의 고정비는 각 서비스수준 별로 다음과 같이 산출된다.

<표 7> 서비스수준별 고정비

LOS	지체시간유도식	교통량	승용차 고정비
A	지체시간 ≤ 0.1 × TT _a	≤ 650	11,983.8원
B	지체시간 ≤ 0.2 × TT _a	≤ 1,300	11,983.8원
C	지체시간 ≤ 0.3 × TT _a	≤ 1,900	11,983.8원
D	지체시간 ≤ 0.4 × TT _a	≤ 2,600	11,983.8원
E	지체시간 ≤ 0.5 × TT _a	≤ 3,200	11,983.8원
F	지체시간 > 0.5 × TT _a	-	-

다음으로 변동비인 연료소모비도 이상적인 도로에서

는 승용차만으로 구성되어 있는 것으로 가정하므로 연료비는 2003년 평균 1당 휘발유 375.9원/l, 경유 363.9원/l, LPG 278.0원/l 중 승용차가 대부분 휘발유를 사용하기 때문에 연료비는 휘발유 단가를 적용하여 각 서비스수준 별로 산출하면 <표 8>과 같다.

시간가치비용은 한국교통연구원(2003)의 “교통으로

<표 8> 서비스수준별 연료소모비 및 시간가치비용

LOS	연료소모비	연료비	시간가치비용
A	$G_A(S)$	375.9원/l	$12,889원 \times 650 = 8,377,850원$
B	$G_A(S)$	375.9원/l	$12,889원 \times 1,300 = 16,755,700원$
C	$G_A(S)$	375.9원/l	$12,889원 \times 1,900 = 24,489,100원$
D	$G_A(S)$	375.9원/l	$12,889원 \times 2,600 = 33,511,400원$
E	$G_A(S)$	375.9원/l	$12,889원 \times 3,200 = 41,244,800원$
F	$G_A(S)$	-	-

인한 사회적 비용 고찰”의 승용차에 대한 시간가치비용인 12,889원을 적용하였다. 지체비용 산출식은 위의 지체시간, 고정비, 연료소모비, 시간가치비용을 모두 고려하여 <표 9>와 같이 유도된다.

도출된 식에 다음으로 총교통사고비용을 산출하였다. 총교통사고비용은 교통사고건수와 교통사고비용을 곱하여 산출된다. 여기에서 교통사고건수는 이수법에 제시된 사고예측모형을 이용하여 산출하였고 사고비용은 우리나라 교통사고 한 건당 평균사고비용인 3,662만원을 적용하여 산출하였으며 해당 서비스수준별 총교통사고비용은 <표 10>과 같다.

위에서 산출된 각 서비스수준별 총교통사고비용과 총지체비용 산출식을 합하여 운영비용(총지체비용+총사고비용)의 함수식을 도출하면 <표 11>과 같으며 그래프로 나타내면 <그림 4> 같다. 도로용량편람을 참고하면 지방부2차로도로의 서비스수준 판정척도는 교통량에 따른 총지체율로 나타난다. 이에 본 연구의 서비스수준 구분은 도로용량편람에서 구분하고 있는 교통량에 따라 비

<표 9> 지체비용과 평균통행속도와의 함수식

(단, s_a 는 평균통행속도)

LOS A	$(0.1 \times \frac{1}{s_a} \times 11,983.8 + ((11.684 + 1,183.908 \times \frac{1}{S} + 0.00469 \times S_a^2) - 56.499) \times 375.9 + 12,889) \times 650$
LOS B	$(0.2 \times \frac{1}{s_a} \times 11,983.8 + ((11.684 + 1,183.908 \times \frac{1}{S} + 0.00469 \times S_a^2) - 56.499) \times 375.9 + 12,889) \times 1,300$
LOS C	$(0.3 \times \frac{1}{s_a} \times 11,983.8 + ((11.684 + 1,183.908 \times \frac{1}{S} + 0.00469 \times S_a^2) - 56.499) \times 375.9 + 12,889) \times 1,900$
LOS D	$(0.4 \times \frac{1}{s_a} \times 11,983.8 + ((11.684 + 1,183.908 \times \frac{1}{S} + 0.00469 \times S_a^2) - 56.499) \times 375.9 + 12,889) \times 2,600$
LOS E	$(0.5 \times \frac{1}{s_a} \times 11,983.8 + ((11.684 + 1,183.908 \times \frac{1}{S} + 0.00469 \times S_a^2) - 56.499) \times 375.9 + 12,889) \times 3,200$

<표 10> 서비스수준별 총교통사고비용

LOS	교통량(대/시)	연결로수(개/km)	사고건수(건/km·시)	한 건당 교통사고비용(만원/건)	총교통사고비용(원/km·시)
A	≤ 650	0	0.0028	3,662	6,041
B	$\leq 1,300$	0	0.0052	3,662	12,077
C	$\leq 1,900$	0	0.0075	3,662	17,645
D	$\leq 2,600$	0	0.0102	3,662	24,158
E	$\leq 3,200$	0	0.0125	3,662	29,731

<표 11> 운영비용과 평균통행속도와의 함수식

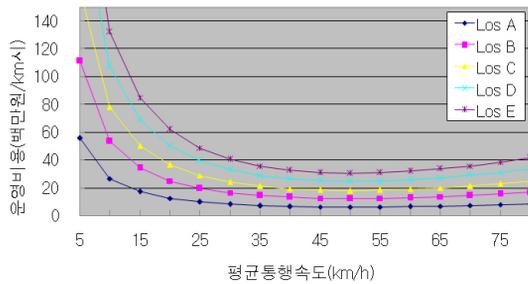
(단, s_a 는 평균통행속도)

LOS A	$(0.1 \times \frac{1}{s_a} \times 11,983.8 + ((11.684 + 1,183.908 \times \frac{1}{S} + 0.00469 \times S_a^2) - 56.499) \times 375.9 + 12,889) \times 650 + 6,041$
LOS B	$(0.2 \times \frac{1}{s_a} \times 11,983.8 + ((11.684 + 1,183.908 \times \frac{1}{S} + 0.00469 \times S_a^2) - 56.499) \times 375.9 + 12,889) \times 1,300 + 12,077$
LOS C	$(0.3 \times \frac{1}{s_a} \times 11,983.8 + ((11.684 + 1,183.908 \times \frac{1}{S} + 0.00469 \times S_a^2) - 56.499) \times 375.9 + 12,889) \times 1,900 + 17,654$
LOS D	$(0.4 \times \frac{1}{s_a} \times 11,983.8 + ((11.684 + 1,183.908 \times \frac{1}{S} + 0.00469 \times S_a^2) - 56.499) \times 375.9 + 12,889) \times 2,600 + 24,158$
LOS E	$(0.5 \times \frac{1}{s_a} \times 11,983.8 + ((11.684 + 1,183.908 \times \frac{1}{S} + 0.00469 \times S_a^2) - 56.499) \times 375.9 + 12,889) \times 3,200 + 29,731$

〈표 12〉 운영비용에 따른 새로운 서비스수준 제시

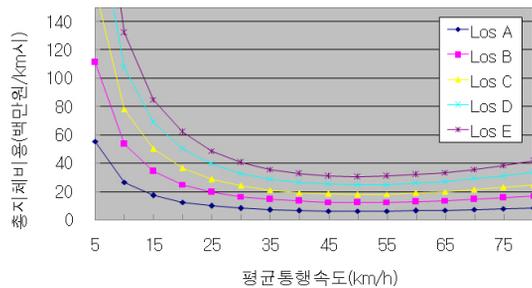
구분	평균통행속도 (km/h)							
	10	20	30	40	50	60	70	80
LOS A	26,467	12,347	8,099	6,490	6,075	6,372	7,173	8,375
LOS B	52,934	24,694	16,198	12,981	12,151	12,744	14,345	16,750
LOS C	77,365	36,092	23,674	18,972	17,759	18,625	20,966	24,481
LOS D	105,868	49,389	32,396	25,962	24,302	25,487	28,691	33,500
LOS E	130,299	60,786	39,872	31,953	29,910	31,369	35,312	41,231

평균통행속도와 운영비용과의 관계

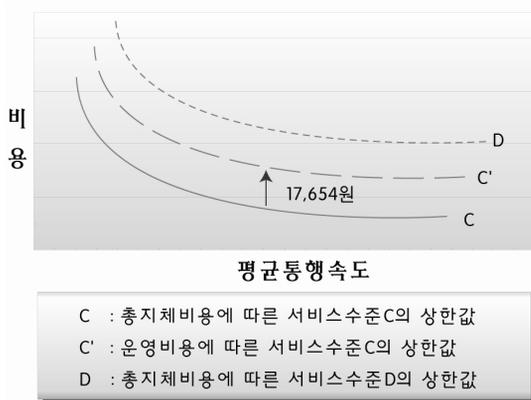


〈그림 2〉 평균통행속도와 운영비용과의 관계

평균통행속도와 총지체비용과의 관계



〈그림 3〉 평균통행속도와 총지체비용과의 관계



〈그림 4〉 사고비용을 고려한 경우 서비스수준의 변화

용을 산출하여 구분한다.

그러나 그래프의 선이 나타내는 값들은 모두 각 서비스수준의 상한값을 의미한다. 또한 이 두 그래프를 비교하여 보면 〈그림 4〉와 같다. 운영비용을 고려하였을 경우와 총지체비용만을 고려하였을 경우 서비스수준의 상한값이 변화하는 것을 알 수 있다. 이는 서비스수준 산정에 있어서 각 서비스수준의 상한값 부근에서는 사고비용에 따라 서비스수준이 변할 수 있음을 보여준다.

IV. 결론 및 향후 연구과제

1. 결론

본 연구는 지체와 사고를 고려한 지방부 2차로도로의 서비스수준 산정방법 및 서비스수준을 제시하고자 하는 논문으로 목적은 첫째, 지방부 2차로도로의 총지체비용 산출방법의 제시, 둘째, 지방부 2차로도로의 총사고비용 산출방법 제시, 셋째, 이를 통한 지방부 2차로도로의 서비스수준 평가 척도인 운영비용 산출방법 및 넷째, 지방부 2차로도로의 서비스수준 제시이며, 이에 대하여 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결과를 도출하였다.

- 1) 지방부 2차로도로의 서비스수준 산정을 위한 총지체비용 산출방법은 도로용량편람의 총지체용 산정공식을 변형하고 여기에 지체로 인하여 발생하게 되는 지체비용을 곱하여 산출하였다.
- 2) 지방부 2차로도로의 서비스수준의 산정에 필요한 총사고비용은 2차로도로의 기하구조 및 교통량을 반영한 사고예측모형에 국내 평균 도로교통사고비

용을 곱하여 총교통사고비용을 산출하였다.

- 3) 지방부 2차로도로의 지체와 사고를 고려한 서비스 수준을 산정하기 위한 척도라 할 수 있는 운영비용을 산출하는 방법을 총지체비용과 총사고비용의 합으로 제시하였다.
- 4) 지방부 2차로도로의 서비스수준을 해당 서비스수준별(LOS A~F)로 2차로도로의 이상적인 도로 조건 및 교통량을 입력하여 산정하였다.

2. 향후 연구과제

- 1) 본 연구에서는 운영비용 산출시에 교통사고로 인한 추가적인 지체비용을 고려하지 못함에 따라 교통사고로 인한 비용에 교통사고에 따른 지체비용 또한 포함하여야 할 것이다.
- 2) 본 연구에서는 이상적인 도로조건을 가정하여 사고비용을 산출하였다. 이로 인하여 현실에서 발생하는 교통사고건수보다 사고건수가 적게 산출되었다. 따라서 향후에는 사고를 더 잘 반영할 수 있도록 현장자료를 통하여 서비스수준별 사고건수를 산출하여야 할 것이다.
- 3) 본 연구에서는 사고비용을 우리나라 전체 사고의 평균값을 적용하였지만 향후 지방부 2차로에서 발생한 사고만을 대상으로 사고비용을 산출하여 적용해야 할 것이다.
- 4) 본 연구에서 사용된 다양한 모형의 경우 기존의 모형을 인용하였음에 따라 실제 다양한 조건을 가진 현장의 데이터를 통해 모형을 개발하여 충분한 검증은 거친 후 서비스수준을 산정해야 할 것이다.
- 5) 본 연구에서는 서비스수준 산정을 위해 비용의 개념을 도입하였으나 매년 값들이 달라지는 문제점

을 안고 있으므로 향후 안전의 개념을 접목할 수 있는 다양한 방법의 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 대한교통학회(2001), "도로용량편람", 대한교통학회.
2. 도로교통안전관리공단(2001), "교통사고의 사회적 비용의 추계와 평가", 도로교통안전관리공단.
3. 이동민·최재성(2000), "2차선도로의 새로운 서비스 수준분석방법의 개발", 대한교통학회지, 제18권 제3호, 대한교통학회, pp.101~112.
4. 이수범(2003), "도로등급 및 특성에 따른 교통사고에 측 모형 개발", 대한토목학회논문집, 제23권 4D호.
5. 이형무(2004), "지체와 사고를 고려한 신호교차로 서비스수준 산정에 관한 연구", 전남대학교 석사학위논문.
6. 한국교통연구원(2005), "교통으로 인한 사회적 비용 고찰", 한국교통연구원.
7. Andrew Vogt and Joe G. Bared(1998), "Accident Models for Two-Lane Rural Roads : Segments and Intersections", FHWA-RD-98-133.
8. James A. Bonneson, Patric T. Mccoy(2001), "Effect of Median Treatment on Urban Arterial Safety and Accident Prediction Model", TRR 1581.
9. Morral, J.F. and Werner, Al.(1990), "Measuring Level of Service of Two-Lane highways by Overtaking", TRR 1287.
10. Transportation Research Board(2000), "Highway Capacity Manual".
11. Werner Brilon and Frank Weiser(2006), "Two-Lane Rural Highways The German Experience", TRR 1988.

✉ 주 작성자 : 박제진

✉ 교신저자 : 박제진

✉ 논문투고일 : 2007. 11. 10

✉ 논문심사일 : 2008. 1. 28 (1차)

2008. 4. 2 (2차)

2008. 4. 9 (3차)

✉ 심사판정일 : 2008. 4. 9

✉ 반론접수기한 : 2008. 8. 31

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필