

2차로도로의 새로운 서비스수준분석 척도의 개발

New MOE for Level of Service Analysis on Two-Lane Rural Highways

이 동 민

(서울시립대 도시공학 석사과정 · 서울시립대학교 건축도시조경학부 부교수)

최 재 성

목 차

I. 서론

II. 서비스수준척도의 대안

1. 서비스수준척도의 개념
2. 총지체율
3. 모의실험과 현장조사를 통한 비교분석

III. 새로운 서비스수준 분석방법

1. 일반지형에서의 서비스수준 분석
2. 특정구배에서의 서비스수준 분석

IV. 결론

참고문헌

I. 서론

2차로도로는 방향 당 한 차로만이 확보되어 있는 도로로서 우리나라 포장도로의 85%를 차지하고 있으며, 지역간 연결 등의 다양한 기능을 수행하고 있다. 2차로도로는 교통량-밀도-속도의 관계가 다차로도로처럼 분명하게 나타나지 않아 그 분석 방법이 다차로도로와는 상이하고 복잡하다. 현재 2차로도로의 서비스척도로 지체시간백분율, 평균통행속도, 교통량 대 용량비가 이용되고 있다.

지체시간 백분율은 교통량 변화에 따라 각 서비스수준을 현실적으로 구분하지 못하며, 현장조사 하기가 어렵고, 분석방법에 있어서도 일반지형과 특정구배지형을 나누어 서로 다른 척도를 사용하는 등의 문제점을 안고 있다. 특히 도로에 대한 재투자 정책 결정기준이 되는 서비스수준 D, E의 교통량범위가 지나치게 넓어 정확한 재투자의 시기 결정이 어렵다.

본 연구에서는 새로운 서비스척도로써 총지체율을 제시하고, 그에 따른 보다 현실성 있고, 효과적인 2차로도로의 분석방법을 제안하려 한다.

이를 위해 먼저 2차로도로 서비스척도들의 이론적 고찰을 통해 장·단점과 특성을 비교하고, 그 결과 지체시간백분율과 총지체율을 최종 분석대상으로 선정하여 평가하였다. 척도의 평가를 위해 호주에서 개발된 모의실험 프로그램 TRARR를 이용하여 각 대안과 교통량과의 관계를 살펴보고, 도로의 기하학적 조건과 교통특성에 따른 영향을 분석하였다. 또한 45번 국도 중 용인-평택구간을 대

상으로 현장조사를 수행하여 결과를 비교하였다.

본 연구에서는 TRARR에 의한 분석을 위해 지체시간백분율과 추종시간백분율은 같은 값으로 가정하였다

II. 서비스수준척도의 대안

1. 서비스수준척도의 개념

1965년 HCM에 제시된 서비스수준의 정의는 다음과 같다.

“운전자나 승객의 인지도와 교통류의 운행조건을 카테고리별로 특징지어 구분하는 수학적 수단”

즉, 서비스수준은 운전자가 정성적으로 느끼는 운행조건 정도를 구분한 것으로 볼 수 있다. 1985 HCM에서는 서비스수준의 평가 척도로써 평균통행속도, 지체시간백분율을 이용하였고, 최근에는 많은 학자들이 이에 대한 문제점을 주장하여 다양한 새로운 서비스수준척도들이 제시되고 있다. 그 결과 제시되고 있는 대안들의 장·단점은 <표 1>에서 설명하고 있다.

본 연구에서는 2차로도로의 적절한 서비스수준 척도를 찾기 위해 다음과 같은 조건들을 서비스수준척도 선정의 기준으로 사용하였다.

- ① 교통량의 변화에 따른 민감도.
- ② 각종 도로조건개선의 반영여부.
- ③ 운전자가 느끼는 자유도의 제한정도 등

<표 1> 각 서비스척도 대안의 장·단점 비교

서비스 척도	장 점	단 점	비 고
평균 통행 속도 (①)	· 측정간편. · 운전자가 느끼기 쉽다. · 상향구배시 이용가능.	· 교통량변화에 민감하지 않음. · 지역별로 속도추정결과가 달라 일관성이 없음. · 속도의 높·낮음이 서비스수준과 일치하지 않는 경우 존재. · 도로 및 교통조건에 따라 지나치게 가변적임.	65년 HCM
용량비 (V/C)	· 교통량에 민감하게 반응.	· 2차로도로의 정확한 용량추정이 어려움. · 실제 관측과 표현의 어려움. · 2차로도로의 교통특성을 정확히 반영할 수 없음. · 운전자의 기대심리 반영미비.	현재 보조수단으 로 사용
밀도	· 속도와 직접적인 관계. · 속도보다 교통량에 민감. · 다차로도로와 비교시 유용.	· 2차로도로의 추월제한성 반영곤란. · 2차로도로의 교통류특성 미고려.	다차로도로, 고속도로의 척도
추월 비율	· 교통량에 민감하게 반응. · 추월차로의 영향평가에 유용. · 운전자의 만족도 반영가능.	· 회망추월회수 산정의 어려움. · 속도, 통행시간 등에 간접적 영향.	Morrall, Werner (캐나다)
총 지체율	· 운전자의 만족도 반영. · 차량의 지체와 직접관련. · 도로의 기하학적 요인에 의한 지체고려가능.	· 운전자의 회망통행속도 산정곤란. · 개별 차량군 속의 지체고려 곤란. · 기존 연구미비로 검증되지 않음.	Archilla (미국)
교통류 지체율	· 운전자의 만족도 반영. · 차량의 지체와 직접관련. · 차량군에 의한 지체계산가능.	· 기하학적 지체 미고려. · 운전자의 회망통행속도 산정곤란. · 개별 차량군 속의 지체고려 곤란. · 기존 연구미비로 검증되지 않음.	
지체 시간 백분율 (②)	· 최초의 서비스수준개념과 부합. (O.K.Normann, 50년 HCM) · 운전자의 기대고려 가능. · 추월의 수요와 공급고려가능. · 교통량에 민감하게 반응. · 운전자가 실제로 느낄 수 있음.	· 지체시간백분율의 개념모호. - percent time following - percent time delayed · 현장조사가 어렵고, 대체방법인 차량군 결정개념 모호(5초). · 선, 후행차량의 속도차이고려 곤란. · 교통류에 의한 지체만 고려. · LOS D와 E 영역의 비중이 가중됨.	85년 HCM
①과 ②의 조합	· 두가지 척도의 장점만 수용. · 일반지형과 특정구배에서 적용가능.	· 두가지 척도의 사용으로 혼란초래. · 동일한 조건의 분석결과가 지형에 따라 다르게 나올 수 있음.	C.Hoban (호주)

그리고 <표 1>에서 설명하고 있는 서비스척도 대안들 중에서 미국의 HCM을 사용하는 전문가를 대상으로 한 설문조사결과와 각 요소의 특성분석에 의해 지체시간백분율과 총지체율을 최종 비교대안으로 결정하였다. 그리고 이 두 대안에 대한 모의 실험과 현장조사를 통해 비교 분석하고, 위에 제시한 선정기준에 의해 서비스수준척도를 선정하였다.

2. 총지체율

총지체율은 도로를 주행하는 차량들에 의한 실제통행시간과 운전자가 희망하는 통행시간 차이의 비율을 의미하고, 이 값은 운전자가 실제로 통행한

시간과 희망속도에 의한 통행시간의 차이를 조사함으로써 산출 할 수 있다.

본 연구에서 사용한 총지체율의 개념은 실제통행시간과 회망통행시간의 차이를 실제통행시간으로 나누어 준 값으로 정의하였고 계산식을 아래와 같다.

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

TDR : 총지체율(Total Delay Rate)

TT_{ai} : 실제통행시간(Actual Travel time)

TT_d : 회망통행시간(Desired Travel time)

<표 2> 선두차량과 추종차량의 속도차이에 따른 총지체율의 변화 예

희망속도(km/h)	70		90		비 고
서행차량속도(km/h)	30	40	30	40	
지체시간백분율(%)	29	29	29	29	
총지체율(%)	57	43	67	56	

총지체율에 의한 서비스수준 분석방법은 아래와 같이 기존방법의 단점들을 보완할 수 있다.

- ① 지체도의 크기에 따른 분석가능
총지체율은 지체도의 크기에 따른 운전자의 좌절감을 평가할 수 있다. 즉, 서행선두차량의 속도에 따른 좌절감 정도차이를 고려하여 평가할 수 있고 그 결과는 <표 2>와 같다.
- ② 특정구배의 서비스분석가능
총지체율에 의한 방법은 <그림 3>에서처럼 구배에 따른 통행특성의 변화를 잘 나타낼 수 있어 각 구배별로 서비스수준을 분석해 볼 수 있다.
- ③ 교통량에 대한 현실적 서비스수준구분 가능
<그림 6>에서 보는 바와 같이 총지체율과 교통량은 선형적인 관계를 유지하고 있어 교통량 증가에 따른 보다 균일하고 실질적인 서비스수준평가가 가능하고, 정책결정 시 정확한 도로의 평가가 이루어 질 수 있다.
- ④ 현장조사를 통한 서비스척도 값 산출가능
- ⑤ 교통류 및 도로의 기하학적 영향에 의한 지체 고려 가능
- ⑥ 일부구간개선을 위한 특정구간별 평가가능.

3. 모의실험과 현장조사를 통한 비교분석

1) 모의실험을 통한 분석

2차로도로는 그 특성과 형태가 다양하여 도로조건의 유형별로 실제 관측자료를 수집하기가 어렵고 현재 국내 2차로도로 분석을 위한 모의실험모형이 개발되지 않아 본 연구에서는 TRARR을 사용하여 도로의 각 유형별로 모의실험을 하였다.

(1) 모의실험상의 도로조건

모의실험을 위해 아래와 같이 기본도로구간을 가정하고, 각 분석목적에 따라 각 기본도로조건을 변화시켜 분석하였다.

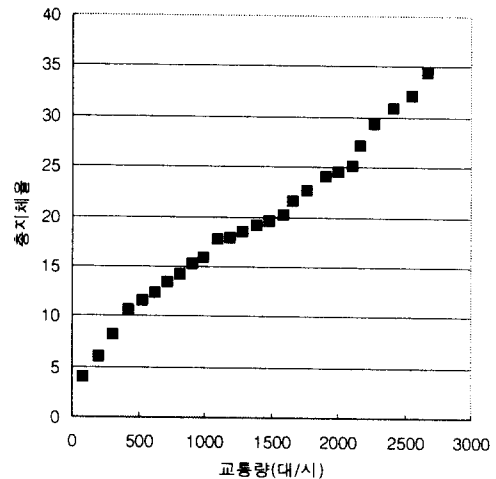
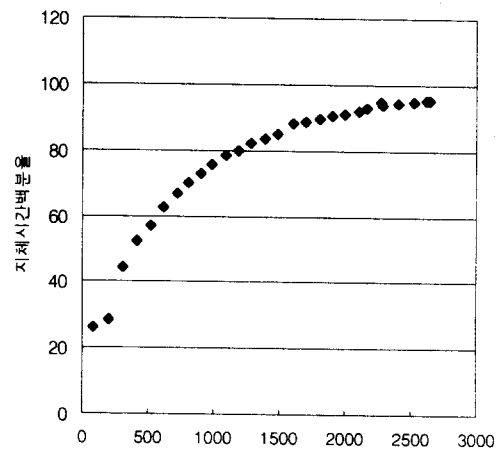
- 시거가 양호한 평지부 직선도로 10km 구간
- 도로의 85%속도 : 90km/h
- 중차량혼입율 : 40%(이상적인 도로 : 0%)

(2) 모의실험 결과

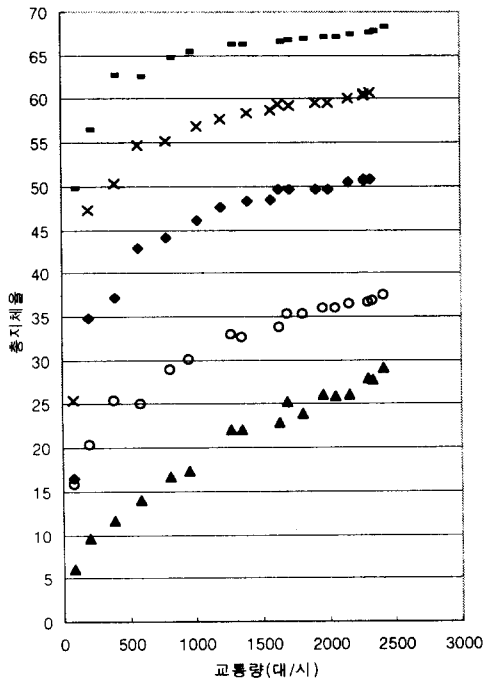
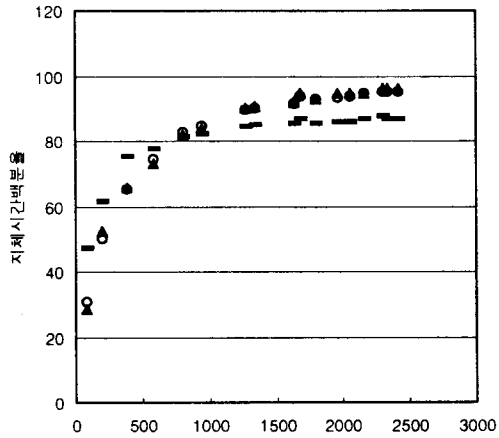
각 유형별 모의실험을 분석한 결과 총지체율은 앞에서 언급한 현재 HCM 방법의 문제점들을 해결할 수 있고, 지체시간백분율보다 2차로도로의 교통 및 도로특성을 잘 반영하는 것으로 나타났다.

<그림 2>은 이상적인 조건하에서 두 대안과 교통량간의 관계를 보여주고 있다. 그림처럼 지체시간백분율과 교통량의 관계는 선형보다는 로그형 관계를 유지하고 있다. 그러므로 HCM의 방법에 의해 각 서비스수준별로 나누어 구분하게 되면 그래프의 경사가 급한 교통량이 적은 경우와 경사가 완만한 교통량이 많은 경우에 교통량의 범위가 일정하지 않고, 서비스수준 D와 E의 범위가 지나치게 커지는 경향을 보인다. 반면에 총지체율은 교통량과 비례하는 선형관계를 유지하고 있어 교통량의 변화에 따라 운전자가 느끼게 되는 서비스수준을 균일하게 적용할 수 있다.

<그림 3>은 구배 변화에 따른 지체시간백분율



<그림 2> 이상적인 조건하에서의 지체시간백분율과 총지체율

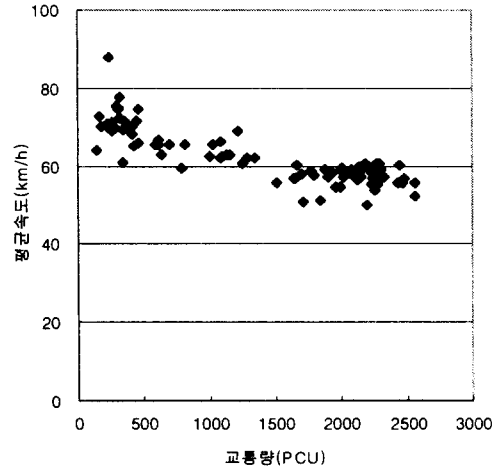


<그림 3> 구배별 지체시간백분율과 총지체율의 비교

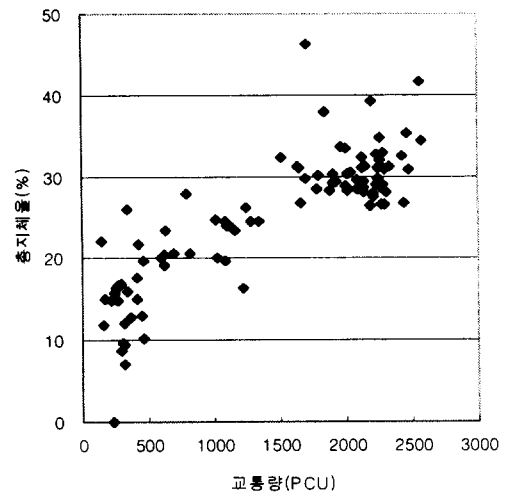
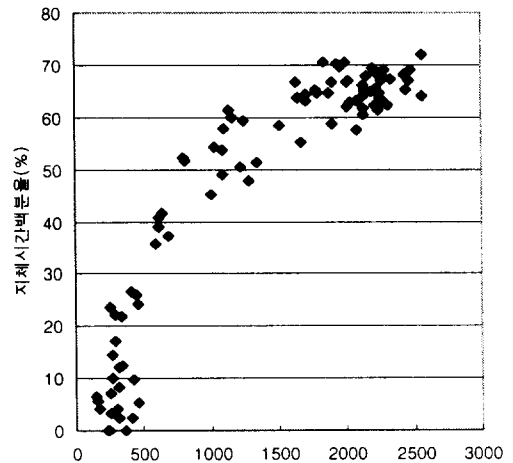
과 총지체율의 변화를 도식한 것이다. 그림에서 보는바와 같이 지체시간백분율은 구배의 변화에 따른 주행상태의 변화를 잘 표현하기가 어렵지만 총지체율은 구배의 증가에 따라 증가하게 되는 운전자의 좌절감을 잘 반영하고 있다.

총지체율은 구배변화 등의 기하구조 변화를 잘 반영하고 있어 특정구배구간의 서비스수준분석에서도 이용될 수 있다.

이밖에도 추월차량의 비율, 방향별교통량분포에 따른 분석에서도 지체시간백분율보다 총지체율이 2차로도로의 특성을 잘 반영하는 것으로 나타났다.



<그림 4> 현장조사결과에 의한 속도특성



<그림 5> 현장조사결과에 의한 총지체율과 추종차량백분율

2) 현장조사를 통한 분석

(1) 현장조사방법

앞의 모의실험결과를 토대로 45번국도를 대상으로 현장조사를 실시하였다. 조사는 검지기(NC-97)

를 사용하여 수행하였으며, 비디오촬영을 통한 차량번호판조사를 병행하였다. 이를 통해 통행시간을 직접 산출하여 통행속도에 의해 산출된 통행시간과 비교하였다.

조사구간의 도로 및 교통조건은 다음과 같다.

- 대상도로 : 용인-평택간 45번 국도 5km 구간
- 기하구조 : 평면곡선을 포함한 평지부 도로
- 평균통행속도 / 희망속도 : 62km/h / 82km/h
- 평균중차량혼입율 : 20%

그리고 희망속도는 McLean이 제시한 방법대로 1km이상의 직선부에서 차량간의 간섭이 이루어지는 않은 상태로 주행하는 차량의 85%속도를 조사하여 결정하였으며 그 결과 82km/h가 나왔고 본 연구에서는 이 값을 희망속도로 사용하여 분석하였다. 희망속도 82km/h는 최초 예상된 값보다는 낮은 값이었다. 이는 제한속도의 영향으로 판단된다.

(2) 현장조사결과

현장조사결과 교통량수준에 따른 평균속도는 <그림 4>에서 보는 바와 같다. 교통량이 증가함에 따라 평균속도는 감소하고, 전반적으로 도로용량편람에서 제시된 속도보다 낮은 값을 보이고 있다.

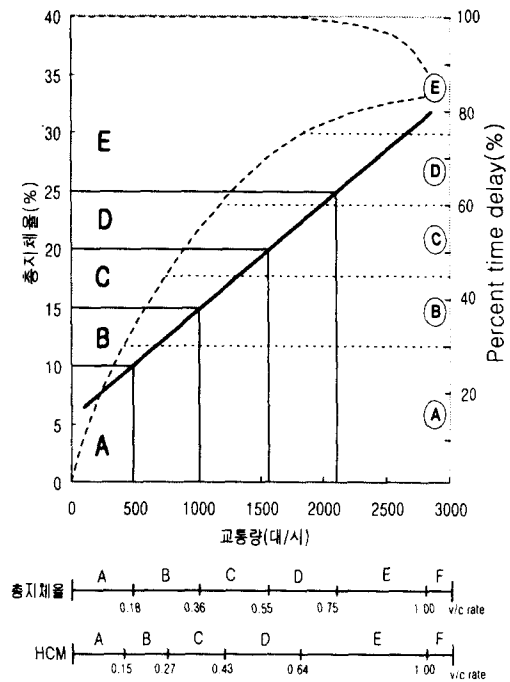
또한 조사결과 계산된 지체시간백분율과 총지체율은 <그림 5>과 같다. 앞에서 살펴본 모의실험결과와 같이 지체시간백분율은 교통량이 적은 경우에는 급하게 증가하고, 교통량이 많은 경우에는 완만해지는 로그형의 관계를 보이고 있다. 반면에 총지체율은 전반적으로 교통량이 증가함에 따라 선형의 관계를 유지하고 있다.

IV. 새로운 서비스수준척도 분석

1. 일반지형에서의 서비스수준척도 분석

1) 총지체율에 의한 서비스수준 결정

모의실험의 결과를 토대로 일반지형에서의 서비스수준을 구분·분석한 결과는 <표 3>, <그림 6>과 같다. 각 서비스수준을 구분하는 방법은 아직까지 명확하게 정의되어있지 않고, 미국 HCM에서는 지체시간백분율의 등급을 서비스수준 A까지 30, B 단계부터는 15단위로 구분하였다. 본 연구에서는 모의실험결과를 토대로 교통량에 따른 총지체율의



<그림 6> 지체시간백분율과 총지체율에 의한 서비스수준분석비교

<표 3> 총지체율에 의한 방법과 HCM방법의 비교

LOS	제시 모형(총지체율)			HCM(지체시간백분율)		
	총지체율 (지점분석)	교통량(대/시)	v/c ratio	지체시간백분율	교통량(대/시)	v/c ratio
A	≤ 10	≤ 500	0.18	≤ 30	≤ 420	0.15
B	≤ 15	≤ 1000	0.36	≤ 45	≤ 750	0.27
C	≤ 20	≤ 1550	0.55	≤ 60	≤ 1200	0.43
D	≤ 25	≤ 2100	0.75	≤ 75	≤ 1800	0.64
E	25 ≤	2100 ≤	1.00	75 ≤	1800 ≤	1.00
F

* v/c ratio는 HCM의 용량 2,800대/시를 기준으로 계산함.

* 위의 결과는 TRARR에 의한 모의 실험 결과를 갖고 분석한 값이기 때문에 실제 국내의 각 서비스수준의 총지체율의 값과는 약간의 차이를 보일 것이다.

<표 4> 교통량에 대한 구배별 총지체율 변화

교통량	구배별 총지체율				
	0%	3 %	4 %	5 %	6 %
500	13.0	25.5	41.0	54.0	63.0
1,000	18.0	31.0	46.0	57.0	66.0
1,550	22.5	33.5	48.5	59.0	66.5
2,100	26.0	36.0	50.0	60.0	68.5

※ 기본구간 도로에서의 구배별 총지체율 비교

변화를 고려하여 서비스수준 A까지 10, B단계부터는 5단위로 균일하게 구분하였다. 하지만 이 값은 본 연구의 결과로 단지 접근방법을 제시한 것으로 실제로 사용하기 위해서는 보정 과정이 필요하다.

<표 3>와 <그림 6>에서 보는 바와 같이 서비스수준 D와 E의 범위가 지나치게 넓은 HCM방법과는 달리 서비스수준 D의 교통량수준이 1,550대/시로 상향조정되었고, v/c 비도 0.64에서 0.75로 조정되어 서비스수준 D이하의 범위를 축소시킬 수 있다.

2. 특정구배에서의 서비스수준척도 분석

특정구배지형은 3%이상의 구배가 500m이상 지속된 지형으로 도로용량편람은 정의하고 있다. 본 연구에서는 일반지형과 특정구배지형의 일관된 서비스분석을 위해 단일척도에 의한 분석방법을 제시하였다. <표 4>은 <표 3>에서 제시한 각 서비스수준에 따른 교통량을 기준으로 구배별 총지체율을 계산한 결과이다.

V. 결론

본 연구에서는 2차로도로의 서비스수준 분석방법으로 통용되고 있는 HCM의 지체시간백분율의 문제점을 지적하고, 그에 따라 총지체율이라는 새로운 척도에 의한 분석방법을 제시하였다. 다음은 본 논문을 통해 얻은 결과이다.

- 총지체율에 의한 서비스수준분석
- 교통량 증가에 따른 현실적인 서비스수준구분
- 공간적인 서비스척도의 단점을 보완하여 특정구간의 분석가능
- 일반 및 특정구배지형의 통합된 척도마련

본 연구의 결과를 발전시키기 위해 보다 구체적인 현장조사자료를 통해 각 서비스수준에 대한 총지체율을 산정하고 보다 미시적인 지체시간 산정모형이 개발되어야 할 것이다. 이러한 향후연구과제는 아래와 같다.

- 서비스 수준별 총지체율 값 보정
- 2차선도로의 지체산정모형 개발
- 국내 2차로도로의 모의실험모형 개발
- 하향구배, 추월차선 및 오르막 차선이 있는 도로의 서비스수준 분석방법 개발

참고문헌

1. Hoban, C.J.(1984). Measuring Quality of Service on Two-Lane Rural Roads. Proc 12th ARRB Conference 12(5) pp.117-131
2. Hoban, C.J.(1994). Alternative Level of Service Measure for Two-Lane Highways. TRR Committee on Highway Capacity and Quality of Service Two-Lane Roads Subcommittee,
3. Guell, D.L., Virkler, M.R.(1988). Capacity Analysis of Two-Lane Highways, Transportation Research Record 1194, Transportation Research Board
4. Morral, J.F. and Werner, A.I.(1990) Measuring Level of Service of Two-Lane Highways by Overtaking, Transportation Research Record 1287, Transportation Research Board.
5. Archilla, A.R.(1996), Test and Evaluation of the TWOPAS Rural Traffic Simulation Model, Federal Highway Administration,
6. Transportation Research Board(1985), Highway Capacity Manual, Special Report 209.
7. McLean(1989), J.R.. Two-Lane Highway Traffic Operations : Theory and Practice, Gordon and Breach Science Publishers.
8. McLean, J.R(1981), Driver Speed Behaviour and Rural Road Alignment Design, Traffic Engineering and Control