

□ 論 文 □

觀測交通量の統計的 分布에 의한 道路交通容量 算定 技法에 관한 研究

— 이상적인 조건하의 고속도로 기본구간 대상 —

The Development of Capacity Estimation Methods from Statistical
Distribution of Observed Traffic Flow

金 容 杰

(도화종합기술공사)

張 明 淳

(한양대 교통공학과 교수)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경
 - 2. 연구의 목적
 - 3. 연구의 방법
- II. 관련 문헌 연구
 - 1. 도로교통용량의 정의
 - 2. 도로교통용량의 불확실성
- III. 자료수집 및 정리
 - 1. 자료수집
 - 2. 자료정리
- IV. 결론 및 건의
 - 1. 관측자료의 속도-교통량 관계
 - 2. 평균차두간격에 의한 도로교통용량의 영향
 - 3. 차두간격 분포 모형의 검증
 - 4. 긴 차두간격 보정에 의한 교통류율 보정
- V. 도로교통용량 산정 기법 제안
 - 1. 관측된 최대 통과 교통류율의 검토
 - 2. 교통량 누적분포 대안의 설정
 - 3. 대안별 도로교통용량의 검토
 - 4. 신뢰범위와 누적분포를 복합한 교통용량 산정
- VI. 결론 및 건의
 - 1. 결론
 - 2. 건의

ABSTRACT

The objective of study is to evaluate highway capacity estimation alternative and to develop capacity from statistical distribution of observed traffic flow.

Speed-Volume relation is analyzed from vehicle's headway distribution eliminating the long headway by confidence intervals 99%, 95%, 90%. Capacity estimation alternatives were evaluated from 95%, 90%, 85% level of cumulative distribution of observed hourly traffic flow adjusted to confidence intervals.

The result of investigation revealed that maximum hourly rate of flow is 2,130pcu at confi-

dence interval of 99%, 2,233pcu at 95%, 2,315pcu at 90% respectively. Compared to the capacity of 2,200pcu per hour per lane used in HCM and KHCM(Korea Highway Capacity Manual), capacity appears to correspond to confidence interval of 95%.

Using the traffic flow rate at confidence interval of 95%, the maximum hourly flow rate is 2,187pcu at 95% of cumulative volume distribution, 2,153pcu at 90%, 2,125pcu at 85%.

The study suggests that rational capacity estimation alternative is to take the 95% of cumulative distribution of observed hourly traffic flow at 95% confidence headway interval eliminating 5% of long headway.(i.e. 95-95 rule)

I. 서론

1. 연구의 배경

세계적으로 볼때 도로교통용량 산정 방법에는 약간의 차이가 있지만 용량의 정의는 어느 나라든지 동일한 개념을 적용하고 있다. 가장 기본이 되는 미국의 HCM(1985)에서는 도로용량을 "주어진 도로, 교통, 관제조건하에서 일정 단위시간 동안 한 도로의 일정한 지점 및 구간을 통과할 것으로 기대되는 차량의 최대 한 시간 교통류율"로 정의하고 있으며 이상적 조건일 때 2,200대(pchpl)로 규정하고 있다. 우리나라에서도 HCM(1985) 방식을 채택하고 있으며 이상적일 때 2,200대(승용차 대수/시/차선)로 규정하고 있다. 세계의 많은 교통학자들은 도로교통용량에 관한 심도있는 연구를 통해 다음 2가지에 대해 의문을 제기하고 있다.

첫째는 교통정체 형성 전후의 도로교통용량 차이가 생기는데 어떤 값을 도로교통용량으로 할 것인가 하는 것과 둘째는 도로의 한 지점에서 전 시간에 걸쳐 통과하는 최대 교통류율은 절대적인 값이 아니라 관측된 교통류율의 분포상에 존재하는 하나의 교통류율에 불과하다는 것이다.

따라서, 교통류율이 통계적 분포를 가질 때 그 통계적 분포의 어떠한 값이 바람직한 합리적인 도로교통용량이 될 수 있는가 하는 의문이 제기

되며, 또 도로교통용량 산정시 각종 보정계수(차선폭, 측방여유폭, 중차량 보정계수 등)를 이상적 조건의 도로교통용량에 곱하여 산정하는 데 이때 산정된 도로교통용량이 과연 합리적인 도로교통용량이 될 수 있는지도 의문이다.

이상의 관점에서 볼 때, 합리적인 도로교통용량은 관측된 교통류율의 통계적 분포상에서 임의의 비율로 표현됨이 바람직한 방향으로 판단되나, 그 비율을 무엇으로 정해야 할지 명확히 규명하고 있지 않다. 따라서, 본 연구에서는 실제 관측된 교통량의 통계적 분포내에서 도로교통용량을 임의의 비율로 표현해 보고자 한다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 도로교통용량이 관측된 교통량의 통계적 분포상에서 어떤 비율을 갖는지 명확히 규명함으로써 관측된 교통량의 통계적 분포로부터 도로교통용량 추정 기법을 정립하는 데 있다.

첫째, 이상적 조건하에서 우리나라 도로용량편람에서 제시한 도로교통용량인 2,200대(승용차 대수/시/차선)와 비교 검토하여 관측된 교통류율의 통계적 분포상에서 어떤 비율이 도로교통용량인지를 정의하고

둘째, 관측된 교통량의 통계적 분포상에서 도로교통용량을 추정하므로써 기존의 도로교통용량

산정 기법인 각종 보정계수(차선폭 및 측방여유 폭 보정계수, 중차량 보정계수 등)에 의해 산정된 도로교통용량의 과소 혹은 과대 평가를 해소하도록 한다.

3. 연구의 방법

본 연구의 목적이 새로운 도로교통용량 추정 기법에 있는 만큼 도로교통용량과 관련된 각종 연구 문헌을 검토하여 도로교통용량의 정의를 명확히 인식한다.

기존의 국내 외 도로교통용량 산정 기법을 면밀히 검토하고 기타 도로교통용량과 관련된 문헌도 조사하고 연구한다. 이상적 조건을 만족하는 현장을 선정하고 비디오 촬영을 통하여 자료를 수집한다. 관측된 자료를 컴퓨터 프로그램을 이용하여 단위시간당 교통량을 정리하고, 차두간격, 통행속도등을 분석한다. 이상에서 얻어진 자료를 이용하여 통계적 분포를 분석해서 도로교통용량 산정기법을 개발하도록 한다.

II. 관련 문헌 연구

1. 도로교통용량의 정의

1985년 미국 HCM의 도로교통용량의 정의에 따르면 "주어진 도로, 교통, 관제조건하에서 일정 단위시간 동안 한 도로나 차선의 한 지점 혹은 동일한 구간을 통과할 것으로 기대되는 차량의 최대 한 시간 교통류율"이라고 기술하고 있다.(4, p1-3) 또 고속도로용량면에서는 "일반적인 도로 및 교통상태하에서 고속도로의 한 지점 또는 일정한 구간을 연속된 15분 동안 통과할 수 있는 최대 교통류율이며 대/시로 나타낸다."로 설명하고 이상적 조건하에서 2,200(pcp/hpl)로 규정하고 있다.(4, p3-3)

McShane 과 Roess (5, p 192-193)는 도로

교통용량의 개념을 다음과 같이 "합리적 기대치"로 규명하고 있다.

"교통류율은 충분한 수요만 존재하면 매 침두시 동안에 반복적으로 일어날 수 있으며 유사한 특성을 갖는 어떤 도로 시설에서도 일어날 수 있는 값이다. 즉, 어떤 도로 시설에서도 절대적으로 최대 교통류율은 관측되지 않는다. 한 도로의 교통용량은 교통공학자가 매일매일 반복적으로 발생할 수 있는 교통류율중 합리적이라 확신할 수 있는 최대 교통류율이다."

Hall and Agyemang-Duah (6, p 91-92)는 상기 정의에 대해 다음의 두 가지 견해를 제시하고 있다.

첫째, 도로교통용량이라고 하는 것은 관측된 최대 통과 교통류율이 아니고 반복적으로 되풀이되는 하나의 교통류율이다. 따라서 교통류율이 통계적 분포를 가질 때 분포의 극대값이 반드시 도로교통용량을 의미하지 않으며 분포의 임의의 비율로 도로교통용량이 표현되어야 한다는 것이다.

둘째, 특정 도로 시설의 교통용량에 대해서만 거론하고 모든 도로 시설을 대표하는 것처럼 적용하는 것은 합리적이지 못하므로 도로 시설의 형태에 따라 도로교통용량을 구별하는 것이 바람직한 것으로 제안하고 있다.

2. 도로교통용량의 불확실성

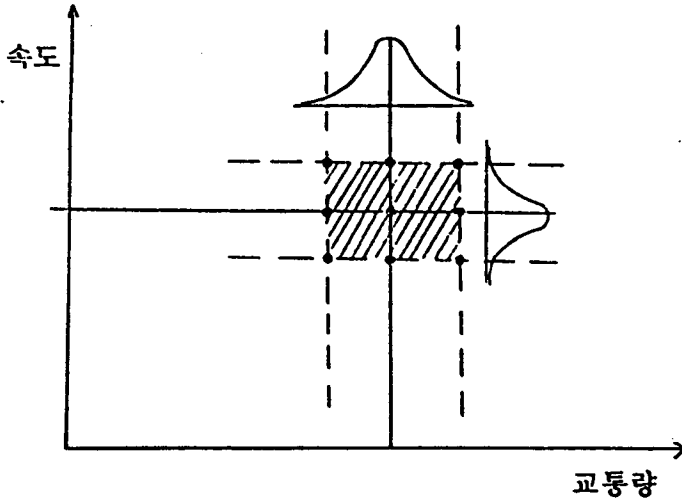
도로교통용량의 정의에 따르면 용량은 단위시간 동안에 관측된 최대 통과 교통류율이다. 이 때 최대 통과 교통류율을 잘못 인식한다면 임의의 특정 시간대에 단 한번 관측된 최대 통과 교통류율을 도로교통용량으로 판단하게 될 것이다. 그러나 단 한번 나타난 현상을 도로교통용량이라고 규정한다면, 무한한 임의의 시간대에는 무한한 수의 교통용량이 시간당 생기게 되고 시간이 변화되는 경우에는 새로운 최대 교통류율이 생기지 않는다는 보장이 없으므로 단위시간동안에 관측

된 최대 교통류율로 교통용량을 정의함은 정의상 모호하며 비합리적일 뿐만 아니라 도로교통용량을 과대/과소 평가하여 도로시설의 실제 용량과 차이가 생기는 경우도 발생한다.

합리적인 도로교통용량은 여러번 반복적으로 발생하는 교통류율의 통계적 분포내에서 존재할 것이고 단 한번의 현상으로 규정할 수 없는 불확실성이 내재되어 있다. 이를 좀 더 구체적으로 도

식화하여 살펴보면 [그림 1]과 같다.

관측된 교통량은 용량부근에서 통계적 분포를 갖게 되며 각 교통량에 따른 평균통행속도도 또한 통계적 분포를 갖게 되므로 실제 도로의 교통용량은 다음 [그림 1]의 빗금친 부분의 범위안에서 존재하게 되고, 이 범위를 어떤 비율로 결정할 것인지를 명확히 규정해야 한다.



[그림 1] 도로교통용량의 불확실성

III. 자료 수집 및 정리

1. 자료 수집

1) 조사 대상 구간의 선정

자료 수집은 이상적인 도로 특성과 교통 특성을 갖는 지점을 대상으로 해야 하며, 특히 대상 구간의 상류부는 충분한 교통수요를 갖고 있어야 하고 하류부에서는 합류에 의한 병목현상이 없어야 한다.

상기 조건을 만족하는 조사 대상 구간은 사전 답사를 실시한 결과 본선은 반포대교와 한남대교 사이의 올림픽 대로와 여의도 광장 앞 도심 진입

올림픽대로로 선정하였으며, 승용차로만 구성된 교통류를 만족시키기 위해 도로의 가장 안쪽 차선만 자료 수집 대상 구간으로 선정하였다.

2) 조사 시기 선정

전반적인 교통류 상태를 분석 파악하고 정확한 도로교통용량을 산정하기 위해서는 안정 교통류 상태에서 불안정 교통류 상태로 넘어가는 자료가 함께 수집되어야 한다.

본 연구에서는 <표 1>에서 보는 바와 같이 특정 시간대(아침 출근 시간대) 뿐만 아니라 전 시간대에 걸쳐 교통류 패턴이 안정 교통류 상태에서 불안정 교통류 상태로 넘어가는 시기를 조

사 실시하였다.

관측 단위시간은 미국 HCM과 한국 "도로용량 편람"에서 용량 분석시 단위 15분 동안을 사용하

고 있으므로 본 논문에서도 기존의 도로교통용량과 비교 검토하기 위해 같은 관측 단위시간을 정하였다.

<표 1> 조사 대상구간별 자료 수집 일정

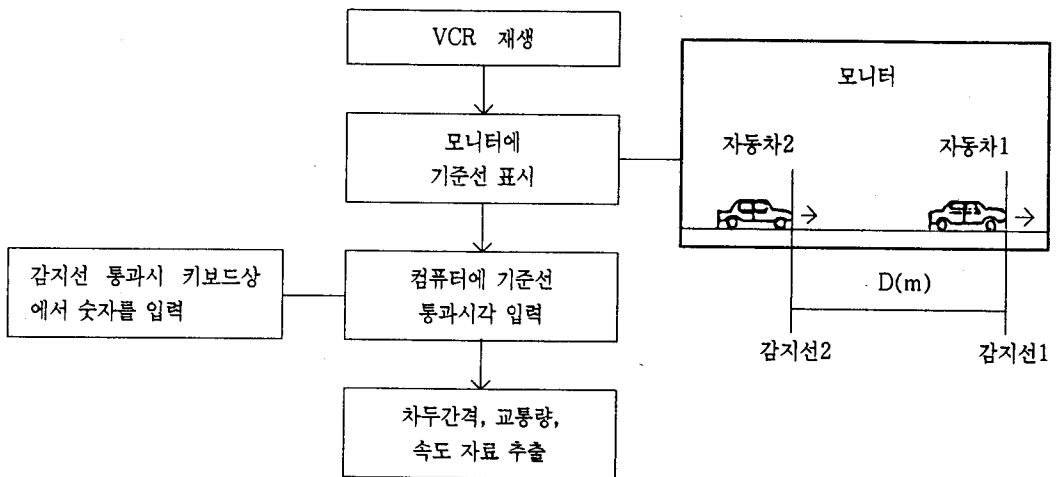
지 점	관측 기간	관측 시간대	총 관측시간	표본수
반포 (91)	5일	오전, 오후 침투 시간대	440 분	73
반포 (94)	5일		660 분	110
한남 (94)	4일		510 분	87
여의도 (94)	3일		160 분	22

2. 자료 정리

자료 정리 방법은 선정된 조사 지점을 비디오로 촬영된 테이프로부터 자료를 추출하고 정리하는 과정으로 다음 [그림 2]의 처리과정을 수행한다.

VCR을 이용하여 화면을 재생하여 화면에서 기

준선을 설치하고 비디오 화면상에서 차량들이 기준선을 통과할 때 각 차량별로 입력시키면 컴퓨터에 의해 감지선 통과시간이 도출된다. 도출된 자료를 컴퓨터 프로그램에 의해 분석하여 교통량 및 기타 관련 자료(차두간격, 통행속도, 15분 교통량, 1시간 환산 교통량등)를 추출하는 일련의 과정을 수행한다.



차두간격(초) = 자동차 2의 통과시간 - 자동차 1의 통과시간
(감지선 1 기준)

$$\text{속도 (m/sec)} = \frac{D}{\text{감지선 2의 통과시간} - \text{감지선 1의 통과시간}}$$

(자동차 1 기준)

[그림 2] 자료 추출 및 정리과정

IV. 자료 분석

1. 관측 자료의 속도 - 교통량 관계

조사지점의 단위시간 15분 동안 통과한 교통량

을 1시간으로 환산한 교통량과 단위 관측시간 동안의 평균 통행속도와와의 관계를 각 지점별로 살펴보면, (부록 I)과 같으며, 각 지점의 최대 통과 교통량을 살펴 보면 <표 2>와 같다.

<표 2> 각 조사지점별 최대 통과 교통량

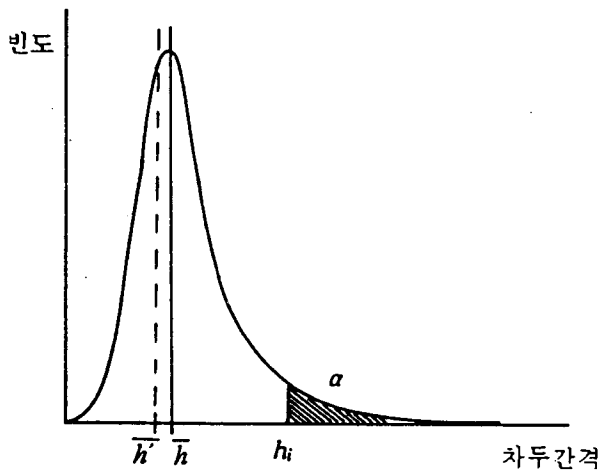
조사지점	최대 통과 교통량 (승용차 대수/시/차선)	통행 속도 (km/h)	차두 간격 (초)
반포 (91)	2,071	89.3	1.74
반포 (94)	2,122	60.2	1.70
한남 (94)	2,069	55.0	1.74
여의도 (94)	2,061	90.7	1.75

2. 평균차두간격에 의한 도로교통용량의 영향

대상 교통류를 구성하는 차량들이 속도가 일정하다고 가정하면 차두간격은 일정한 값을 갖게 된다. 그러나 실제 도로상황에서는 개개의 차량 속도가 일정하지 않으므로 대상 구간내에서 차두

간격은 임의의 통계적 분포를 따르게 된다.

일반적으로 차두간격 분포는 다음[그림 3]과 같은 분포를 따르게 되는데 그림에서 보는 바와 같이 특정 차두간격 h_i 이상인 α 에 해당되는 부분을 제거하게 되면 대상 구간내의 평균차두간격은 h 에서 h' 으로 이동하게 된다.



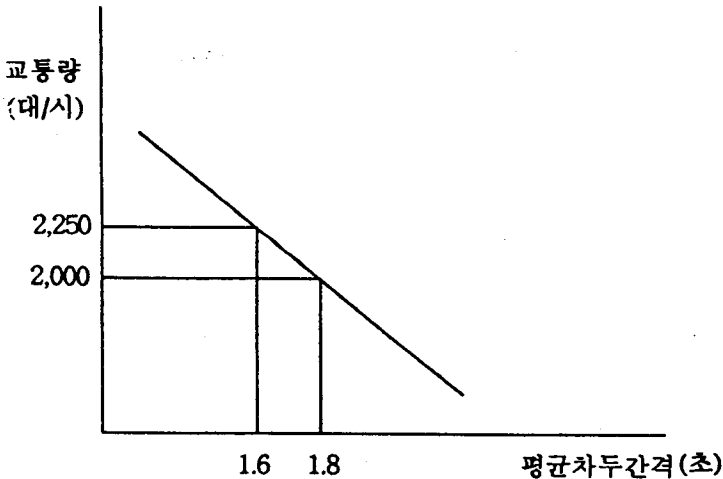
[그림 3] 차두간격 분포 예

평균차두간격을 한 시간으로 환산하면 한 시간 동안 통과한 차량 대수 즉, 시간 교통량을 다음 식과 같이 산출할 수 있다.

$$q = \frac{3,600}{h}$$

여기서, q : 교통류율 (대/시)
 h : 평균 차두 간격 (초)

따라서 평균차두간격의 분포는 교통량의 분포를 의미하게 되고, 예를 들어 대상 구간의 평균차두 간격 h 가 1.8초에서 α 만큼의 긴 차두간격이 제거 되어 보정된 평균차두간격 h' 가 1.6초가 된다고 가정할 때 [그림 4]에서 보는 바와 같이 교통량이 2,000대에서 2,250대로 교통량이 증가됨을 알 수 있다.



[그림 4] 차두간격에 의한 교통용량의 변화

3. 차두간격 분포 모형의 검증

대상구간내의 평균 차두간격을 보정할 때 특정 α 에 해당되는 긴 차두간격을 추정해야 한다. 실제 관측된 차두간격 분포내에서는 긴 차두간격을 임의로 설정할 수 없으므로 관측된 차두간격 분포에 부합하는 차두간격 분포 모형을 선정하여 분포 모형식에서 α 를 선정하여 긴 차두간격을 추정하게 된다.

차두간격 분포 모형에는 음지수 분포(Negative Exponential Distribution)와 이를 응용한 변환 음지수 분포(Shifted Negative Exponential Distribution) 및 Erlang 분포를 포함한

Gamma 분포 등이 있다.(10, 11) 이들 분포 모형중 관측 차두간격 분포에 잘 맞는 분포 모형을 검증하여 모형식을 선정하도록 한다.

분포 모형의 검증을 위한 표본분포는 <표 3> 방식에 따라 각 표본 차두간격 분포의 등급에 따른 dot수를 모두 합하여 표본수로 나눈값을 검증 대상 차두간격 분포로 선정하였다.

이는 통계이론을 적용할 때 모집단의 확률 분포의 모형을 가설로 설정한 경우 표본 자료의 분포를 분석하여 모집단의 확률 분포에 대한 가정의 타당성을 검증하는 것으로 표본 자료 또한 대표성을 가져야 할 것으로 판단되기 때문이다.

<표 3> 검증 대상 차두간격 분포 산출 예

계급 \ 표본	S ₁	S ₂	S ₃	...	S _i	...	S _j	S
2	f ₀₁	f ₀₂	f ₀₃	...	f _{0i}	...	f _{0j}	$\sum f_{0j} / J = f_0$
1	f ₁₁	f ₁₂	f ₁₃	...	f _{1i}	...	f _{1j}	$\sum f_{1j} / J = f_1$
2	f ₂₁	f ₂₂	f ₂₃	...	f _{2i}	...	f _{2j}	$\sum f_{2j} / J = f_2$
3	f ₃₁	f ₃₂	f ₃₃	...	f _{3i}	...	f _{3j}	$\sum f_{3j} / J = f_3$
.
.
i	f _{i1}	f _{i2}	f _{i3}	...	f _{ij}	...	f _{ij}	$\sum f_{ij} / J = f_i$
.
.
I	f _{i1}	f _{i2}	f _{i3}	...	f _{ij}	...	f _{ij}	$\sum f_{ij} / J = f_i$

주) 여기서, S_j : j번째 표본 차두간격 분포
 S : 표본을 평균한 검증 대상 차두간격 분포
 f_{ij} : i번째 등급에 j표본의 득수

검정 방법은 일반적으로 연속 확률 분포의 모형 검정에 잘 이용하는 χ^2 검정을 적용하도록 한다.

χ^2 검정시 각 계급의 추정치가 너무 작으면 안 된다는 가정을 반드시 만족시켜야 한다. 왜냐하면 검정 기준인 χ^2 분포에 근사한다는 가정이 흔들리게 되어 검정의 신뢰성이 떨어지기 때문이다. 따라서 각 계급의 추정치가 5이상 되도록 계급을 잘 분할하여야 하며 계급의 추정치가 5보다 작은 경우에는 표본을 늘리거나 작은 계급들을 합하여 5이상 되도록 하여 χ^2 검정을 해야 한다.

검정 방식은 각 분포 모형에 의해 계급별 추정치를 산정한 후 다음식에 의해 χ^2 값을 산출한

다. 산출된 χ^2 값을 검정기준이 되는 표의 값과 비교 검토하여 [그림 5]과 같이 모형의 적합성을 판단한다.

$$\chi^2_{cal} = \sum_{i=1}^I \frac{(f_0 - f_i)^2}{f_i}$$

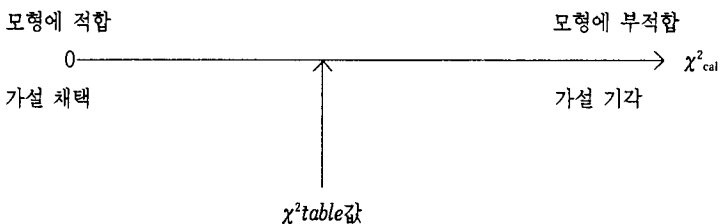
여기서,

χ^2_{cal} = 산출된 카이제곱 값

f_0 = 차두간격 분포에서 각 계급에 관측된 빈도 수

f_i = 차두간격 분포 모형에서 각 계급에 추정된 빈도 수

I = 차두간격 분포의 계급 수



[그림 5] 산출된 카이제곱 값과 판단 기준 카이제곱 값과의 비교

<표 4> 카이제곱 검정에 의한 각 모형의 검정 결과

계급 (초)	중간값 (X)	관찰치 (f _o)	f _o x	f _o x ²	Erlang(K = 5)		변환 = 0.95초		변환 = 1.00초	
					추정치(f _i)	(f _o -f _i) ² /f _i	추정치(f _i)	(f _o -f _i) ² /f _i	추정치(f _i)	(f _o -f _i) ² /f _i
0	0.5	36	18	9.0	46	2.17	20		0	
1	1.5	248	372	558.0	198	12.63	258	0.13	278	0.13
2	2.5	108	270	675.0	140	7.31	102	0.35	105	0.09
3	3.5	31	109	379.8	49	6.61	40	2.03	40	2.03
4	4.5	12	54	243.0	11	7.14	16	1.00	15	0.60
5	5.5	5	28	151.3	3		7		6	
6	6.5	3	20	126.8	0		2	0.09	2	1.00
7	7.5	1	8	56.3			1		1	
8	8.5	1	9	72.3			1			
9	9.5	1	10	90.3						
10	10.5	1	11	110.3						
총 계		447	909	2471.8	447	35.87*	447	3.60*	447	3.85
평균		909 / 447 = 2.03								

주1) 자유도=5-1-2=2, 유의수준 0.05기준(Erlang, 변환 음지수분포 동일 적용),

a) 유의수준 0.05에서 가설 기각 (Erlang 분포는 적합하다고 할 수 없음)

b) 유의수준 0.05에서 가설 채택 (변환음지수 분포는 관측치에 적합)

차두간격 분포 모형 검증결과에 의하면 자유도는 2이고 유의수준 0.05를 기준할 때 판단 기준이 되는 카이제곱값($\chi^2_{2,0.05}$)은 5.992로 Erlang 분포중에서도 분포에 근접한 계수 K가 5인 경우 산출된 카이제곱값은 <표 4>에서 보는 바와 같이 35.87로써 판단 기준값보다 크므로 관측된 차두간격 분포에 적합하다 할 수 없다.

반면에 음지수 분포중에서도 변환 0.95초인 변환음지수 분포 모형에서 산출된 카이제곱값은 3.60으로 판단기준치보다 작기 때문에 관측된 차두간격 분포에 가장 잘 부합하는 분포 모형으로 검증되었다.

4. 긴 차두간격 보정에 의한 교통류율 보정

본 연구의 관측 단위인 15분 단위로 관측된 차두간격 분포내에서 통제이론의 가설 검정시 기준이 되는 유의수준 1%, 5%, 10%에 해당되는 긴

차두간격을 제거했을 때 교통류율에 미치는 영향을 분석하여 실제 관측된 자료와 비교 검토하도록 한다.

관측된 차두간격 분포에 적합한 분포 모형을 검증한 결과 변환 0.95초일 때의 변환음지수 분포(Shifted Negative Exponential Distribution)가 가장 적합한 모형으로 검증되었다. ([그림 6] 참조) 변환 음지수 분포 모형식에 의해 각 유의수준 α 에 해당하는 최대 차두간격을 산정하면 <표 5>와 같다.

여기서, 대상 연결로의 경우 여의도 하류I/C는 변환 1.5초를, 영동대교 남단I/C는 1.25초, 여의도 상류I/C는 0.9초를 적용하여 산정한 것이다.

유의수준 값을 α 라 할 때

$$P(h \geq t) = \text{EXP} \left[-\frac{(t-0.95)}{(T-0.95)} \right] = \alpha$$

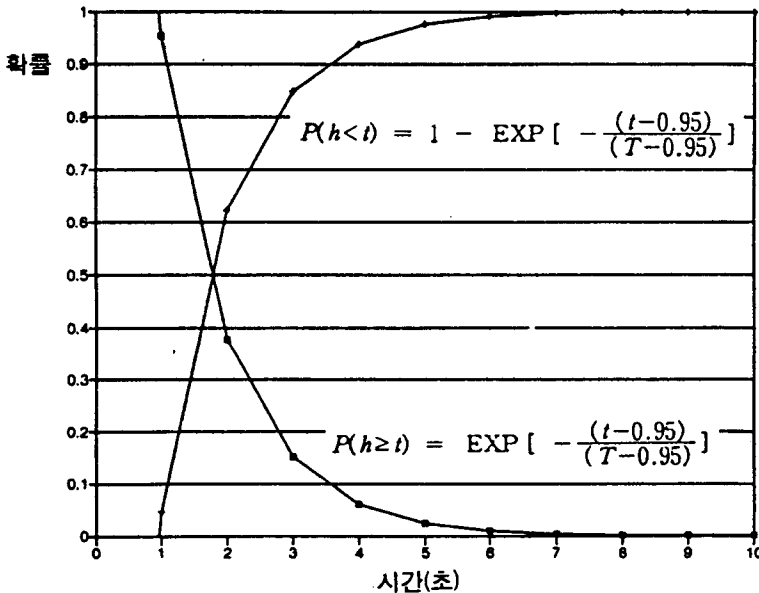
$$t-0.95 = -(T-0.95) \text{Ln}(\alpha)$$

$$t = 0.95 - (T-0.95) \text{Ln}(\alpha)$$

<표 5> 각 지점별 유의수준에 해당하는 긴 차두간격

(단위 : 초)

평균차두간격(T)		유의 수준	1 %	5 %	10 %
반 포 (91)	2.11		6.29	4.43	3.62
반 포 (94)	1.97		5.65	4.00	3.30
한 남 (94)	1.90		5.32	3.80	3.14
여의도 (94)	2.17		6.57	4.60	3.76



[그림 6] 변환 음지수 분포

V. 도로교통용량 산정기법 제안

1. 관측된 최대 통과 교통류율의 검토

본 논문에서 신뢰범위는 도로교통용량의 상태로 보기에는 불합리한 긴 차두간격을 제외한 차두간격 분포 비율을 의미한다. 이들 신뢰범위중 도로교통용량 산정에 적합한 신뢰범위를 선정해야 한다. 따라서, 다음<표 6>에 제시한 바와 같이 각 신뢰범위별 관측된 최대 통과 교통류율을 분석하면 다음과 같다.

- 신뢰범위 100%인 경우 즉, 긴 차두간격을 제외하지 않고 관측된 모든 차두간격을 기준할 경우에는 최대 통과 교통류율은 2,081대로 기존의 2,200대에 훨씬 미달하고 있다.
- 신뢰범위 99%에서는 긴 차두간격을 제외하지 만 6초 이상만 제외하게 되어 최대 통과 교통류율은 2,130대로 기존의 2,200대에 미치지 못 한다.
- 신뢰범위 95%에서는 4.2초 이상의 긴 차두간격을 제외하므로 최대 통과 교통류율은 2,233대로서 기존의 2,200대에 도달한다.

○ 신뢰범위 90%에서는 3.5초 이상의 차두간격을 제외하는 데 이는 용량에 근접한 차두간격을

제외하는 지나친 보정으로 판단되는 바 기존 용량을 초과하는 2,315대까지 추정된다.

<표 6> 각 신뢰범위에 따른 최대 통과 교통류율 비교 검토

(단위 : 승용차 대수/시/차선)

내 용	지점	신뢰범위			
		100%	99%	95%	90%
관측된 교통류율중 최대 통과 교통류율	1	2,071	2,173	2,283	2,379
	2	2,122	2,156	2,259	2,358
	3	2,069	2,101	2,195	2,278
	4	2,061	2,089	2,195	2,245
	평균	2,081	2,130	2,233	2,315

이상의 분석 결과, 도로교통용량 산정에 적합한 신뢰범위는 과소 추정된 99%보다는 작고, 과대 추정된 90%보다는 큰 95%의 신뢰범위가 가장 적정한 것으로 판단된다.

2. 교통량누적분포 대안의 설정

차두간격 분포에서 유의수준을 제외한 신뢰 범위(99%, 95%, 90%)의 차두간격 분포에 의해 보정된 교통류율을 기준한 속도-교통량 관계에서 도로교통용량을 어떠한 방법으로 산정할 것인지 결정해야 한다.

본 연구에서는 다음과 같은 5가지 대안을 마련하여 각 지점별 신뢰 범위에 대한 대안별 도로교통용량의 수준을 찾아보도록 하였다.

- 대안 A : 교통류율의 누적분포에서 100%에 해당하는 최대 통과 교통류율
- 대안 B : 교통류율의 누적분포에서 95%에 해당하는 교통류율
- 대안 C : 교통류율의 누적분포에서 90%에 해당하는 교통류율
- 대안 D : 교통류율의 누적분포에서 85%에 해당하는 교통류율
- 대안 E : 교통량 계급을 50대 단위로 구분했을 때 빈도가 많은 교통류율

상기 5가지 대안을 설정한 구체적인 이유는 다음과 같다.

대안 A는 단 한번 발생하는 최대 통과 교통류율을 과연 도로교통용량으로 인정할 수 있는지의 여부를 검토하고자 위함이다.

대안 B, C, D는 본 논문의 연구 목적인 통계적 분포상에서 어떤 임의의 비율로 규정하였을 때 도로교통용량의 수준을 검토하기 위해서이다. 교통시설을 계획하거나 설계시에는 최대수요를 기준할 때에는 고투자로 인하여 경제적 효율성이 저하되며 최소수요를 기준할 때에는 저투자가 가능하나 시설용량의 부족으로 인하여 정체가 발생된다. 따라서 경험상의 논리(Rule of Thumb)로 채택되고 있는 것이 수요의 몇 %를 기준하는 방법이다.

예를들어 도로의 설계시에는 년중 30번째로 높은 시간교통량을 설계시간교통량으로 채택하고 있으며 제한속도는 운전자가 주행하는 속도분포의 85%를 채택하고 있다. 따라서 도로교통용량도 관측된 최대 통과 교통량을 기준하는 경우에는 그러한 교통량이 수용될 수 없는 경우도 발생하므로 관측된 교통량 분포중에서 적정하다고 판단되는 분포비율(예 95%, 90%, 85%)를 대안으로 검토하고자 하는 것이다.

마지막으로 대안 E는 합리적인 도로교통용량 산정이라는 개념에서 볼 때 발생 빈도가 높은 값이 무

리없이 자주 관측되는 측면에서 합리성을 가진다는 관점에서 대안으로 검토하고자 하는 것이다.

3. 대안별 도로교통용량의 검토

앞절에서 적정 신뢰범위로 판단된 95%의 신뢰 범위에 대한 5가지 대안을분석 검토하여 합리적인 도로교통용량을 추정할 수 있는 적정 대안을 결정하도록 한다. 다음 <표 7>은 95%의 신뢰

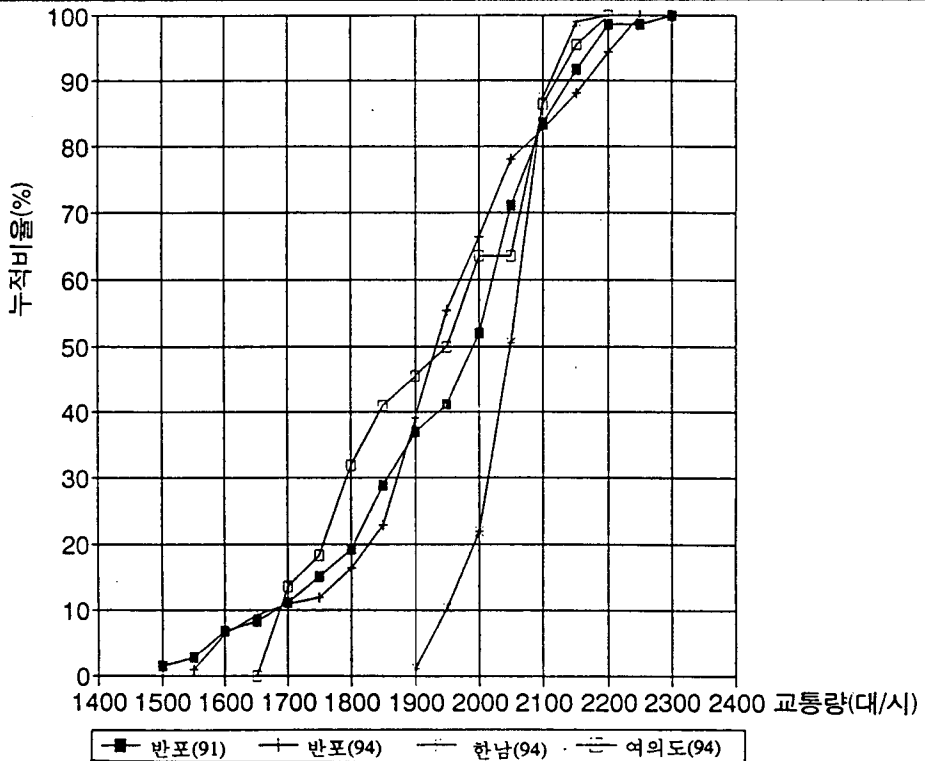
범위에 대한 대안별 교통류율을 분석 정리한 것이며, 각 조사지점별로 누적분포를 [그림 7]에 제시하였다.

4지점을 평균한 각 대안별 교통용량을 살펴보면, 대안 A는 2,233대로 기존의 교통용량인 2,200pcphpl를 초과하고 있고, 대안 B는 2,187대로 용량과 유사한 값을 나타내며, 대안 C, D, E는 각각 2,153대와 2,125대, 2,050대로 기존 용량에 미달됨을 알 수 있다.

<표 7> 신뢰범위 95%에 대한 대안별 도로교통용량 비교 검토

(단위 : 승용차 대수/시/차선)

지 점	대안 A	대안 B	대안 C	대안 D	대안 E
1	2,283	2,205	2,154	2,125	2,050
2	2,259	2,227	2,186	2,147	1,950
3	2,195	2,141	2,130	2,118	2,100
4	2,195	2,173	2,143	2,110	2,100
평 균	2,233	2,187	2,153	2,125	2,050



[그림 7] 신뢰범위 95%에 대한 지점별 누적분포

4. 신뢰범위와 누적분포를 복합한 교통용량 산정

조사지점의 평균값을 사용하여 신뢰범위와 누적분포를 복합하여 도로교통용량을 분석 검토하기로 한다. 교통용량의 검토 기준은 현재 세계적으로 보편적으로 채택하고 있는 2,200pcphpl을 기준으로 하였다.

[그림 8]은 누적분포별 대안의 신뢰범위에 따른 교통용량을 나타내고 있고, [그림 9]는 신뢰범위별 대안의 누적분포에 따른 교통용량을 보여주고 있다. [그림 8]과 [그림 9]에서 나타내듯이 현재 이용되고 있는 교통용량인 2,200pcphpl을 기준시 해당되는 신뢰범위 및 누적분포는 <표 9>에 제시된 5개의 산정 기준이 해당된다.

<표 9> 신뢰범위별 누적분포별 도로교통용량

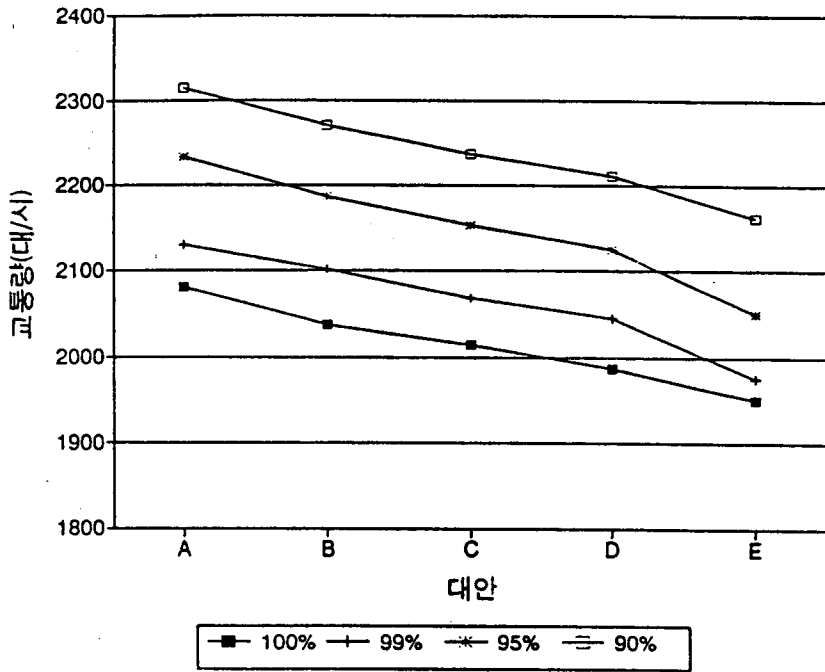
(단위 : 승용차대수/시/차선)

대안	신뢰범위	누적분포	교통용량(pcphpl)
1	95%	100%	2,233
2	95%	95%	2,187
3	95%	90%	2,153
4	90%	85%	2,212
5	90%	최대빈도	2,163

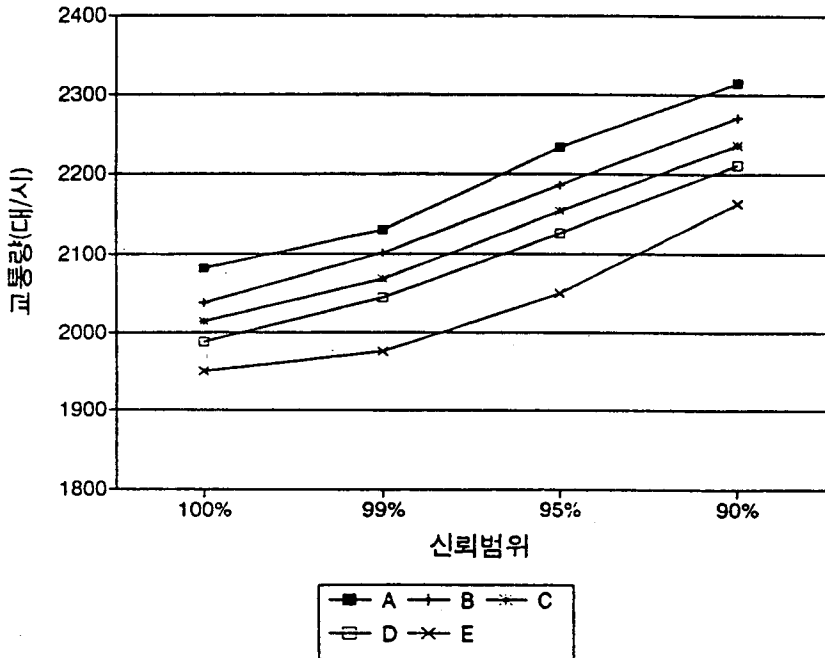
- 대안 1은 관측 교통류율중에서 단지 한 번 나타나는 현상을 용량으로 산정하는 문제점과 함께 관측된 교통류율은 2,233대로 기존의 도로용량 2,200대보다 과대 추정되어 비합리적인 도로교통용량으로 판단된다.
- 대안 2는 신뢰범위 95% 및 관측 교통류율중 95%에 해당하는 교통류율로써 추정된 도로교통용량은 2,187대로 기존 도로용량인 2,200대와 유사한 값으로서 용량의 개념 및 분포를 고려시 적절한 도로교통용량 산정 기법으로 판단된다.
- 대안 3은 신뢰범위 95% 및 누적분포 90%로써 용량은 2,153대로 기존의 2,200대에 미달하므로 적절한 대안으로 판단될 수 없다.
- 대안 4는 신뢰범위 90% 및 누적분포 85%로써 용량은 2,212대로 기존의 2,200대와 유사하나 신뢰범위 90%에서는 주어진 조건하의 차두

간격분포를 지나치게 왜곡시키는 한편 최대교통류율이 2,315대로써 기존의 2,200대를 훨씬 상회하고 있는 반면에 누적분포가 85%로써 최대 교통류율이라는 용량의 개념과 상치되므로 적절한 대안으로 판단되지 않는다.

- 대안 5는 신뢰범위 90%상에서 최대 빈도값으로써 용량은 2,163대로 기존의 용량 2,200대와 비교시 대안 2에 미달하고 신뢰범위를 지나치게 넓게 확대한 측면에서 주어진 조건하의 상대가 왜곡되므로 부적절한 대안으로 판단된다. 차두간격 분포의 신뢰범위와 교통량의 누적분포를 분리 평가해보고 복합하여 분석 평가한 결과, 신뢰범위는 95%, 교통류율의 통계적 분포는 95%를 기준하는 95-95 법칙을 교통용량 산정 기준으로 채택하는 것이 가장 합리적으로 판단된다.



[그림 8] 누적분포별 대안의 신뢰범위에 따른 교통용량 분포



[그림 9] 신뢰범위별 대안의 누적분포에 따른 교통용량 분포

VI. 결론 및 건의

1. 결론

본 연구의 목적은 도로교통용량이 교통량의 통계적 분포상에서 어떤 비율을 갖는지 명확히 규명하므로써 관측된 교통량의 통계적 분포로부터 도로교통용량 산정 기법을 정립하고, 기존의 도로교통용량과 비교 검토하는데 있다.

본 연구의 결과를 요약 정리하여 기술하면 다음과 같다.

첫째, 단위 측정시간 15분동안 관측된 차두간격 분포를 음지수 분포, 변환음지수 분포, Erlang 분포 등 여러 모형을 검정해 본 결과, 변환 0.95초한 변환음지수 분포가 가장 적합한 것으로 검증되었다.

둘째, 검증된 변환음지수 분포에 의하여 통계이론의 가설검정시 적용하는 유의수준인 1%, 5%, 10%를 본 연구에 적용하여 각 유의수준에 해당하는 긴 차두간격을 산정한 결과, 1%에서는 6초, 5%에서는 4.2초, 10%에서는 3.5초로 나타났다.

셋째, 긴 차두간격 1%, 5%, 10%를 제외한 나머지 차두간격 분포비율 99%, 95%, 90%를 신뢰범위로 하여 관측된 최대 교통류율을 분석한 결과, 99%에서는 2,130대이고, 90%에서는 2,315대인 반면에, 긴 차두간격 5%를 제외한 신뢰범위 95%에서는 2,233대 수준으로 기존의 도로교통용량과 비교해 볼 때 95%의 신뢰범위가 교통용량 산정에 가장 적합한 수준임이 확인되었다.

넷째, 신뢰범위 95%에 있는 관측교통량의 누적분포상에서 95%, 90%, 85%에 해당하는 교통류율을 분석 검토해 본 결과, 95%에서는 2,187대, 90%에서는 2,153대, 85%에서는 2,125대로 분석되었으며, 기존의 도로교통용량과 비교해 볼 때 95% 수준이 가장 적정한 수준임이 확

인되었다.

다섯째, 신뢰범위 95%에 있는 관측교통량의 누적 분포상에서 95%에 해당하는 교통류율(95-95 법칙)이 합리적인 도로교통용량 산정 기준임이 확인되었다.

2. 건의

첫째, 본 연구에서 확인된 교통용량 산정 기법에 따라 이상적이 아닌 상태에서의 교통용량이 광범위하게 연구되어야 하겠다.

둘째, 관측된 교통량으로부터 교통용량을 산정하기 위한 현장 관측기준에 대해 다음과 같이 건의한다.

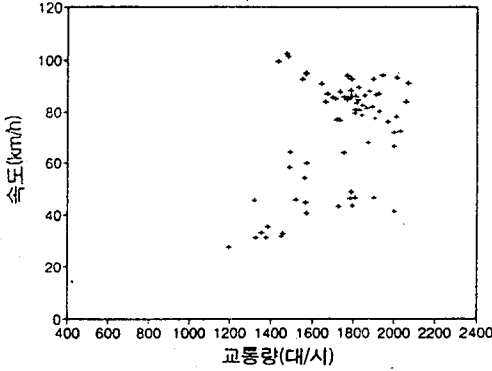
- 관측지점의 사전답사를 통한 침투시간대 선정
- 관측시간 : 하루 3시간으로 3일간 총 9시간동안 측정
- 관측시기 : 교통정체 형성전후 시간비율 (정체 전 : 정체후 = 1 : 1)
- 관측 단위시간 : 5분 단위
- 자료 분석시간 : 15분 단위

참고 문헌

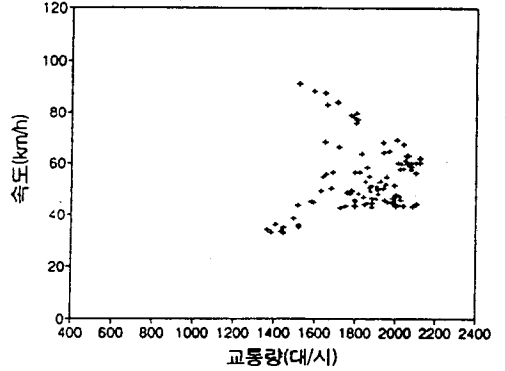
1. 도로용량편람, 건설부, 대한교통학회, 1992.
2. 도로용량편람 연구조사 (제 2, 3단계) 3단계 중간 보고서, 한국건설기술연구원, 교통개발연구원. 1992.
3. Highway Capacity Manual, Special Report 87, Transportation Research Board(TRB), U.S.A., 1965.
4. Highway Capacity Manual, Special Report 209, TRB, U.S.A., 1985.
5. W. R. McShane and R. P. Roess, Traffic Engineering, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1990.

6. Fred L. Hall and Kwaku Agyemang-Duah. Freeway Capacity Drop and the Definition of Capacity, TRR 1320, TRB, U.S.A., 1991.
7. Traffic Control Systems Handbooks, FHWA, Department of Transportation, U.S.A., 1976.
8. Adolf D. May. Traffic Flow Fundamentals, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1990.
9. Traffic Flow Theory, Special Report 165, TRB, U.S.A., 1975.
10. V. F. Hurdle and P. K. Datta. Speeds and Flows on an Urban Freeway : Some Measurements and a Hypothesis, TRR 905, TRB, 1983.
11. B. N. Persaud. Study of a Freeway Bottleneck to Explore Some Unresolved Traffic Flow Issues, Dissertation, Department of Civil Engineering, University of Toronto, Ontario, Canada, 1986.
12. James H. Banks. Flow Processes at a Freeway Bottleneck, TRR 1287, TRB, 1990.
13. 김용걸, 관측교통량의 통계적 분포에 의한 도로교통용량 산정기법에 관한 연구, 석사학위논문, 한양대학교 대학원, 1994. 12.

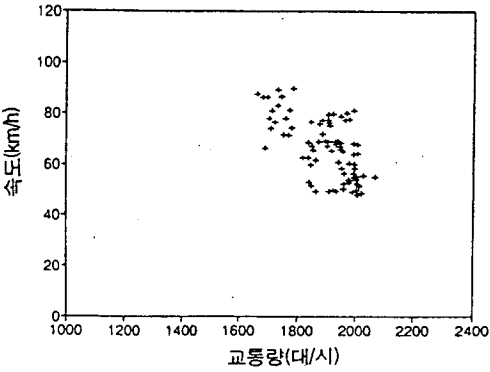
부록 I. 각 지점별 속도-교통량 관계



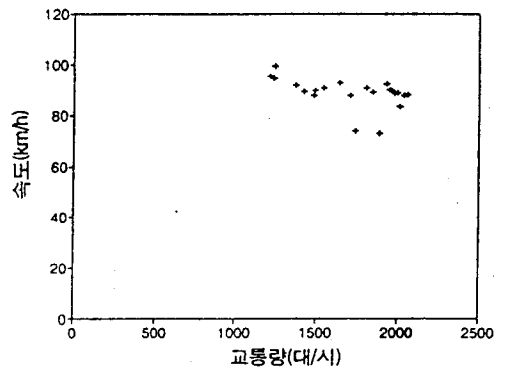
반포(91)의 속도-교통량 관계



반포(94)의 속도-교통량 관계



한남(94)의 속도-교통량 관계



여의도(94)의 속도-교통량 관계