

## 개선된 도로용량 분석방법론 비교연구

-고속도로 연결로 접속부를 중심으로-

윤 항 목\* · 강 원 의\*\*

\*동의대학교 도시공학과 교수, \*\*한국건설기술연구원 수석연구원

### A Study on the LOS Analysis of the Ramp-Freeway Junction from a Viewpoint of USHCM 2000

Hang-Mook Yoon\* · Weon-Eui Kang\*\*

\*Professor, Dept. Urban Engineering, Dongeui University, Pusan 614-714, Korea

\*\*Researcher, Korea Institute of Construction Technology, Ilsan

**요 약 :** 본 연구는 개선된 한국형 도로용량편람 작성 작업의 일환으로 고속도로 연결로 접속부에 대한 분석방법에 관해 검토한 것으로 1992년에 작성된 우리나라의 도로용량편람(92KHCM)과 최근에 발표된 미국의 도로용량편람(USHCM2000)의 분석방법론을 비교 검토하여 국내에서의 적용가능성을 타진하고 최적의 분석방법을 정립하고자 하였다. 이를 위해 본 연구의 대상구간을 설정하고 기존 방법론을 이용하여 현장 관측치와 비교 평가한 후 수집된 자료들을 분석토록 하였다. 자료의 수집 및 분석 결과 접속차로 1개만을 고려한 92KHCM의 경우 평가에 사용된 모형식에 의한 추정치와 실제 관측치가 다소 차이를 보였으나 접속차로 2개를 고려한 2000USHCM의 경우 계산치와 관측치가 거의 일치함을 알 수 있었다. 이를 통해 2000USHCM에서의 분석방법론이 보다 합리적인 면이 많이 내포되어 있음을 확인 할 수 있었다. 또한 서비스 수준의 판정기준으로 영향권의 밀도가 사용되어 졌으며 이전의 속도에 비해 교통량의 증가에 따른 민감도가 우수함을 알 수 있었다. 본 연구에서의 분석대상 구간은 독립적인 합류부에 국한하였으나 추후 본 연구는 보다 광범위한 자료의 수집을 통해 연속적인 분류 합류 연결로 접속부에 대한 연구로 확대가 되어야 할 것으로 판단된다.

**핵심용어 :** 연결로 접속부, 합류부, 도로용량편람, 영향권, 서비스수준, 밀도추정모형, 가속차로

**Abstract :** The first version of KHCM was published in 1992 and is currently used in engineering practice extensively. The study of new manual was initiated by Korea Institute of Construction Technology in 1998 and is intended to be ready for publication by the year 2002. According to the field survey, the action of the individual merging vehicle creates turbulence in the vicinity of the ramp-freeway junction area. The purpose of this paper is to develop the model for predicting the flow entering the lanes 1 and 2 ( $V_{12}$ ) and the density function at the influence zone by comparing the research works on the ramp junction in the USHCM 2000. The methodology has two major steps: the determinations of the flow entering Lanes 1 and 2 immediately upstream of the merge influence area; and the density of the flow within the ramp influence area. As a result of this paper the specific functions for such models are suggested through the regression analysis of data collected at four freeway fields in Korea.

**Key words :** Ramp-Freeway Junction, Merge Influence Area, Highway Capacity Manual, Influence Zone

## 1. 서 론

도로용량편람(Highway Capacity Manual)은 1950년, 1965년, 1985년 미국에서 세차례에 걸쳐 개정되었으며 지금까지 1985년에 작성된 미국의 도로용량 편람을 표준으로 하여 세계 각국이 자기 나라 교통특성을 반영한 용량 및 보정계수 값들을 적용하여 각국의 실정에 맞게 사용하여 왔다. 우리나라의 경우

도 1985년 미국의 도로용량 분석방법론을 토대로 하여 국내 도로 현장 자료의 분석에 의한 한국형 도로용량편람을 1992년에 작성하여 학계 및 업계에서 기준으로 사용하여 왔다. 그런데 얼마 전 미국에서는 용량 산정에 관한 최근의 연구결과들을 반영하여 대폭 수정된 2000년형 도로용량편람(USMCM 2000)을 발간하였다. 이에 따라 우리나라의 도로용량편람도 그 내용의 수정이 불가피하게 되었다. 이러한 실정을 반영하여 본 연구에서는 개선된 한국형 도로용량편람 작성 작업의 일환으로 고속도로 연결로 접속부의 분석방법에 관해서 검토하고자 하였다. 앞서 언급한 바와 같이 국내의 고속도로 연결로 접속부는 92

\* 종신회원, hmyoon@dongeui.ac.kr, 051-890-1636

\*\* yikang@kict.re.kr, 031)910-0164

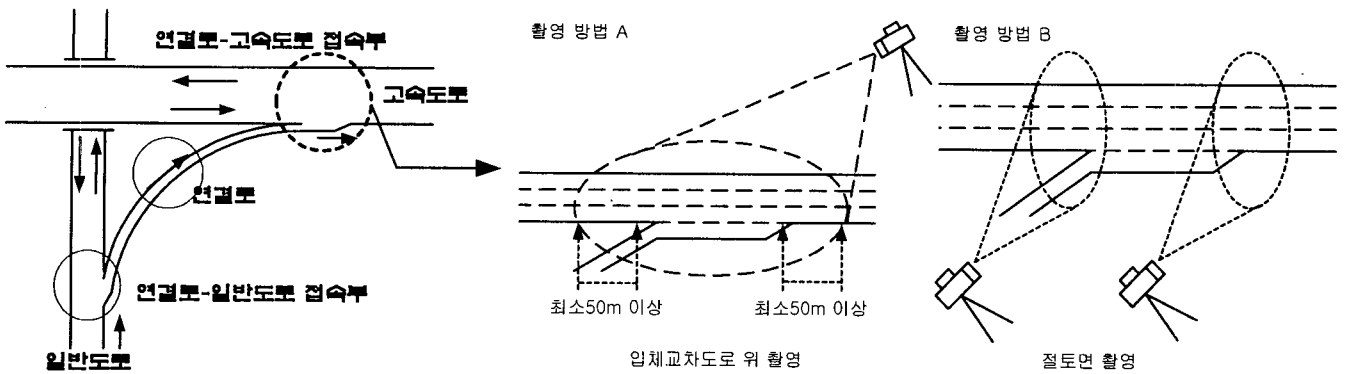


Fig. 1 Description of Research Methodology

년 제정된 도로용량편람의 방법을 이용하여 분석하고 있다. 그러나 현재의 교통상황 및 분석방법은 92년 제정 당시와 비교해 볼 때 상당한 변화가 있어 온것으로 판단되어 지기 때문에 이 시점에 고속도로 연결로 접속부의 분석방법을 재검토해 보는 것은 의미가 있다 할 수 있겠다. 이와 같은 관점에서 본 논문에서는 92 KHCM 과 USHCM 2000의 분석방법론을 비교 검토하여 국내에서의 적용 가능성을 타진하고 최적의 분석방법을 정립하고자 하였다. 이를 위해 본 연구의 대상구간을 설정하고 기존 방법론을 이용하여 현장 관측치와 비교 평가한 후 수집된 자료들을 분석토록 하였다. 고속도로는 기본구간, 잇갈림구간, 연결로 접속부의 세가지 요소로 이루어진다. 이 중 고속도로 연결로 접속부는 서로 다른 교통류를 합류 또는 분류시키는 기능을 하는 시설이며 특히, 교통류의 합류가 이루어 질 때 발생하는 상충에 의해서 고속도로의 용량은 감소할 수 있다. 고속도로 기본구간의 용량 감소를 방지하기 위해 연결로 접속부에 대한 정확한 분석이 필요하게 되며 이를 통해 적절한 서비스 수준을 유지시킬 수 있게 된다.

이에 본 연구에서는 연결로 접속부 합류부에 대한 서비스 수준 분석 절차를 정립하고자 하였다. 연구의 대상은 고속도로 기본구간 3차로/일방향 합류부를 연구 범위로 설정하였으며 촬영

방법과 함께 그림 1에 도시하였다.

## 2. 분석 절차 비교 검토

본 연구에서는 대표적인 편람인 92 KHCM과 2000 USHCM의 분석절차를 비교 검토해 보았다. 가장 큰 차이점은 추정변수와 효과척도로 나타났다.

2000년판 미국 도로용량편람은 그 이전 판이나 국내편람('92)과 비교할 때 다음과 같은 부분에서 큰 차이를 보인다.

- 접합부를 지점이 아닌 공간상의 합류,분류로 인식
- 합류,분류에 의한 접합부 영향권(Influence Zone) 설정
- 예측 교통량 변수를 기존의 편람에서 제시된  $V_M=(V_1+V_R)$ 에서  $V_{R12}=(V_1+V_2+V_R)$ 로 전환
- 서비스 수준 판정에 교통량 대신 밀도 채택
- 시설 수준과 차로수에 따른 접합부 유출입 용량 산정 시도

92년 KHCM에서의 연결로 접속부 분석방법은 실무 적용 시 상당히 간편한 장점이 있으나 다음과 같은 점에 대해 다소 불합리한 점이 있다. 즉, 同 편람에서는 합류 및 분류를 준비하는 교통류는 접속차로 V1을 이용할 것으로 가정되고 있으나 실제로

Table 1 Comparison of 92 KHCM and 2000 USHCM

	92 KHCM	2000 USHCM
기하구조 및 교통수요 파악	• $V_F, V_R$ , • 추정변수 : $V_1$	• $V_R, V_F, L_A$ , • 추정변수 : $V_{12} = V_1+V_2$
수요 환산	• $V_{peak} = DDHV/PHF = (DHV \times D)/PHF$ • $(AADT \times K \times D)/PHF$	$V_{pcph} = \frac{V_{vph}}{PHF \cdot f_{HV} \cdot f_o}$
교통량 계산	• 합류 직전 상류부 본선 차로 1( $V_1$ )	• 합류 직전 상류부 본선 차로 1, 2( $V_{12}$ )
용량 확인	-	• 합류부 하류 교통량( $V_{FO}$ ), • 합류부 유입최대 교통량( $V_{R12}$ )
효과 척도 계산	• 확인점 $V_m$ 의 교통량 계산	• 밀도 계산(차로1, 2, 가속차로)
서비스 수준 판정	• 교통량에 따른 서비스 수준 판정	• 밀도에 따른 서비스 수준 판정
속도 계산	-	• 영향권의 속도 계산

가속차로의 길이가 길어지거나 감속차로의 길이가 짧아지게 되면 접속차로를 이용하게 되는 교통류가 줄어들 수가 있다. 합류부의 경우 확인점을 통과하기 전에, 분류부의 경우 확인점 인접차로를 이용하여 통과하게 되면 확인점 교통량(Check Point Volume)이 실제와 다르게 산정될 수 있는 여지가 있다.

한편, USHCM 2000은 92 KHCM 에서와는 달리 지점분석이 아닌 권역(영향권) 분석의 방법을 채택하고 있다. 즉, 합류 및 분류 완료 지점으로부터 450m 까지 접속된 차로 두 개를 포함하여 영향권으로 설정한 후 먼저 본선 전체에 대한 접속차로 1,2의 교통량비( $V_{12}$ )를 산정하고 제시된 밀도 예측모형을 이용하여 서비스수준을 판정한다. 본 연구에서는 국내의 도로현장에서 수집된 교통자료들을 토대로 92 KHCM에서 지적된 단점들을 보완할 수 있는 개선된 분석방법론을 제시코자 한다. 합류 또는 분류 현상을 지점에서 발생하는 것으로 보지 않고 영향권으로 보고 고찰하는 방법도 사실은 한국형 도로용량판람을 개발하는 가운데 제기되었던 문제를 미국 전문가들이 자신들의 방식으로 우선 채택하게 됨으로써 지금의 수정된 편람에서 새로운 쟁점으로 부각되게 된 것이다.

### 3. 자료수집 · 분석 및 분석 항목 평가

#### 3.1 자료 수집 및 분석

##### 1) 자료 수집

본 절에서는 분석 절차 검토에서 나타난 주요한 두가지 항목-추정변수와 효과척도-에 대해 평가를 하기 위하여 현장조사를 실시하였다.

본 연구에서 수집한 자료의 대상지 및 종류는 표 2에 나타난 바와 같다. 도로 현장조사는 2001년 3월부터 5월에 걸쳐 수행되었으며 합류부의 경우 일방향 3차로 기본구간에서 최대 3,654 pcph 까지 관측되었다. 합류부 대부분은 보조차로의 형태가 평행식이었으며 그 길이도 325m에서 445m로 비교적 양호하였다. 합류부의 보조차로를 길게 하고 평행식으로 하는 것은

분류부 보다는 상대적으로 교통 상충이 심한 합류부의 문제점을 해결하기 위한 것으로 판단된다.

수집된 자료는 고속도로 기본구간 교통량에 대한 접속차로 1,2의 비율과 효과척도 선정에 위해 분석을 시도하였다. 먼저 고속도로 기본구간과 연결로 합류부의 차로별 교통량 분포비를 비교한 결과 기본구간의 차로 비율은 차로 모두 큰 차이를 보이지 않고 있으나 연결로 접속부의 경우는 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 합류부 통과 전의 경우 램프에서의 유입 교통류를 회피하기 위해 접속차로 1의 통행을 꺼려하기 때문인 것으로 판단된다. 한편, 구체적으로 합류부 통과 前, 後의 교통량 분포비 변화를 살펴보면 합류부 통과 前에는 차로별 교통량 분포비가 18:40:42 로 접속차로의 비율이 상당히 낮다가 통과 後에는 차로별 교통량 분포비가 24:37:39 인 것으로 나타나 접속차로 1의 교통량이 다소 증가함을 알 수가 있었다. 이는 합류가 완료된 후 다른 차로에 있던 교통류가 접속차로로 진행방향을 바꾼 것으로 사료된다. 또한 연결로 접속부의 서비스수준 분석시 사용되는 효과척도를 선정하기 위해 교통류 변수간의 관계를 분석해 보았다.

##### 2) 자료 분석

본 절에서는 수집된 자료를 이용하여 추정 변수 및 효과척도를 평가해 보도록 한다. 조사대상 지역 4곳에 대한 추정변수 적합도의 비교 분석 결과는 그림 2에 나타난 바와 같으며, 본 연구에서 추정변수 평가에 사용한 모형식은 표 3과 같다.

##### • 추정변수( $V_1, V_{12}$ ) 평가

한편, 본 연구에서의 분석대상 구간은 연속적인 분류 합류 연결로가 아닌 독립적인 합류부에 국한하였다. 하지만 추후 본 연구는 보다 광범위한 자료의 수집을 통해 연속적인 분류 합류 연결로 접속부에 대한 연구로 확대되어야 한다고 판단된다.

##### • 효과척도(속도, 밀도) 평가

자료수집 및 분석 결과, 접속차로 1개 차로만을 고려한 92KHCM 방법의 경우 평가에 사용된 모형식에 의한 추정치와 실제 관측치가 다소 차이를 보였으나 접속차로 2개를

Table 2 Details of Field Survey

구분 지점	가속차로 형태, 길이	연결로 차로수	조사 일시		
경부 청주 상행	평행식, 375m	1	3월15일 14~16시	주) $V_F$ : 본선 교통량 $V_{FO}$ : 본선 하류 교통량 $V_R$ : 연결로 교통량 $L_A$ : 가속차로 길이	$S_R$ : 영향권의 속도 $D_R$ : 영향권의 밀도 $V_1, V_2, V_3$ : 차로별 교통량 $S_1, S_2, S_3$ : 차로별 속도
서해안 월곶 하행	평행식, 326m	1	3월26일 16~18시		
서해안 매송 상행	평행식, 445m	1	4.7(11~13시) 5.13(13~17시)		
신갈-안산 북수원 안산행*	평행식, 235m	1	5월25일 14~17시		

\* 신갈-안산 북수원 안산행 대상지는 속도자료 미 수집으로 인해 회귀모형 구축시에는 사용되지 않았고 추정변수 평가에만 사용되었음

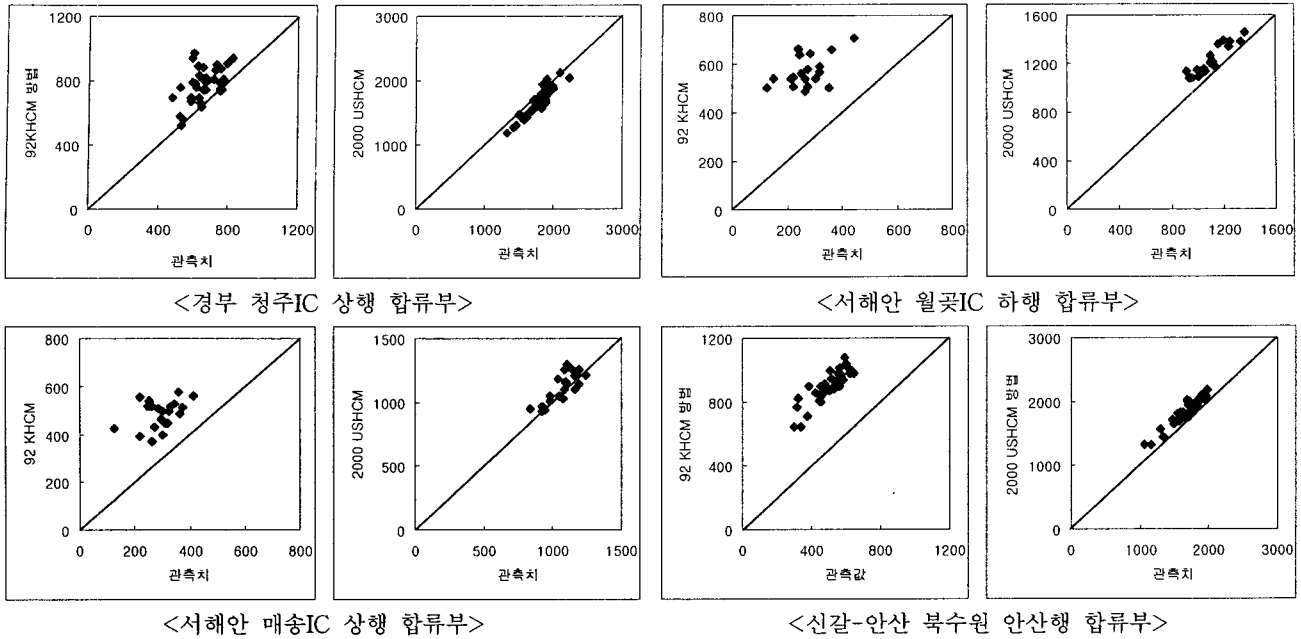


Fig. 2 Comparison of Observation and Calculation Data

Table 3 Regression Analysis of  $P_{FM}$  Model

① 상관분석		② 회귀분석 통계량		③ 분산분석					
	$P_{FM}$	다중 상관 계수	0.11176037		자유도	제곱합	제곱 평균	F비	유의한 F
$P_{FM}$	1	결정 계수	0.01249038	회귀	1	0.002542	0.002542	0.935979	0.33647
$L_A$	0.11176	조정된 결정계수	-0.0008543	잔차	74	0.200956	0.002716		
		표준 오차	0.05211168	계	75	0.203498			
		관측 수	76						
④ 계수추정 및 통계적 유의성 검정									
	계수	표준 오차	t 통계량	P-값	하위 95%	상위 95%	하위 95.0%	상위 95.0%	
$Y$ 절편	0.55965	0.050580	11.06459	2.39E-17	0.458866	0.660433	0.458866	0.66043284	
$L_A$	0.000127	0.000131	0.967460	0.336465	-0.00013	0.000388	-0.00013	0.00038801	

고려한 2000 USHCM 의 경우 계산치와 관측치가 거의 일치함을 알 수 있었다. 이를 통해 추정변수  $V_1$ 보다  $V_{12}$ 가 좀 더 정확한 결과를 도출할 수 있음을 확인 할 수 있었으며 이는 2000 USHCM에서의 분석 방법이 보다 합리적인 면이 있음을 시사하여 주는 바라고도 할 수가 있겠다. 또한 연결로 접속부의 효과적도로는 밀도가 적합한 것으로 분석되었다.

3.2 추정 변수 및 밀도 예측식 정립

추정변수 및 밀도 예측식을 정립할 때의 교통량 수준은  $V_F$  : 1500~3468대/시/ 3차로,  $V_R$  : 156 ~642 / 1차로 였고, 가속차

로의 길이 범위는  $L_A$  : 320, 370, 450m였다.

1)  $V_{12}$  산출식 정립

$V_{12}$ 는 본선 교통량에 대한 차로 비율( $V_{12}=V_F \times P_{FM}$ )의 개념을 이용하여 산출할 수 있으며,  $P_{FM}$ 은 가속차로에 대한 함수( $P_{FM}=f(L_A)$ )로 나타낼 수 있다. 이에 대한 통계분석 결과를 표 4에 나타내었다.

회귀분석을 통해  $P_{FM} = 0.5596 + 0.000127 * L_A$ 의 결과를 얻을 수 있었다. 가속차로 길이의 증가에 따라  $P_{FM}$ 의 비율이 높아짐으로 합리적인 결과를 얻은 것으로 판단된다. 다만, 결정계수의 설명력이 부족한 듯 보이나, 이는 가속차로의 경우의 수가 세가지 밖에 적용되지 않았기 때문인 것으로 유추된다.

Table 4 Regression Analysis of Density Function

① 상관분석					②회귀분석 통계량		③분산 분석					
	D <sub>R</sub>	V <sub>R</sub>	V <sub>R</sub>	L <sub>A</sub>	다중 상관 계수	0.9207		자유도	제곱합	제곱 평균	F 비	유의한 F
D <sub>R</sub>	1				결 정 계 수	0.8477	회귀	3	191.8929	63.9643	133.598	2.3771E-29
V <sub>R</sub>	0.219	1			조정된 결정계수	0.8414	잔차	72	34.4723	0.47878		
V <sub>12</sub>	0.919	0.263	1		표 준 오 차	0.6919	계	75	226.365			
L <sub>A</sub>	-0.301	0.553	-0.271	1	관 측 수	76						
④ 계수추정 및 통계적 유의성 검정												
	계수	표준 오차	t 통계량	P-값	하위 95%	상위 95%	하위 95.0%	상위 95.0%				
Y절편	4.481150	0.94325	4.750767	1.0062E-05	2.600821	6.36148	2.600821	6.36148				
V <sub>R</sub>	0.000343	0.00093	0.369039	0.713181	-0.00151	0.002195	-0.00151	0.002195				
V <sub>12</sub>	0.004060	0.00025	16.03944	1.8035E-25	0.003556	0.0045650	0.003556	0.0045650				
L <sub>A</sub>	-0.00272	0.00244	-1.11560	0.268303	-0.00759	0.002142	-0.00759	0.002142				

Table 5 Comparison of 2000 USHCM and This Research

	P <sub>FM</sub> 산출식	밀도 예측식
본 연구	$P_{FM} = 0.5596 + 0.000127 \times L_A$	$D_R = 4.4812 + 0.00034 \times V_R + 0.0041 \times V_{12} - 0.00272 \times L_A$
2000 USHCM	$P_{FM} = 0.5775 + 0.000092 \times L_A^*$	$D_R = 3.402 + 0.00456 \times V_R + 0.0048 \times V_{12} - 0.01278 \times L_A$

\* 본 연구에서는 기본구간 3차로/일방향에 대해 독립적인 연결로 접속부를 대상으로 했기 때문에 이를 비교함.

2) 밀도 예측식 정립

영향권의 밀도는 연결로 교통량, 차로1, 2의 교통량, 본선 교통량에 대한 함수(D<sub>R</sub>=f(V<sub>R</sub>,V<sub>12</sub>,V<sub>F</sub>))로 표현할 수 있다. 이에 대한 통계분석 결과를 표 4에 나타내었다.

D<sub>R</sub>=4.4812+0.00034\*V<sub>R</sub>+0.0041\*V<sub>12</sub>-0.00272\*L<sub>A</sub>는 회귀분석을 통해 얻어낸 결과이다. 영향권의 밀도는 교통량 증가에 따라 비례하고, 가속 차로 길이의 증가에 따라 반비례하였으며, R<sup>2</sup>=0.85로 분석되어 모형의 합리성과 설명력이 모두 양호하였다. 지금까지 정립된 분석결과는 2000 USHCM의 분석절차를 따랐으며, 표 5에 두 모형을 비교하였다. 두 모형이 추정한 계수 값들은 유사하였다. 추후 본 모형에서 제시하는 추정계수들의 값들은 보다 광범위한 자료의 수집에 의해 수정 보완 되어야 할 것이다.

4. 결 론

본 연구는 고속도로 연결로 및 연결로 접속부의 서비스 수준 평가 방법을 검토한 내용으로 다음과 같이 연구결과를 정리할 수 있다.

1. '92 KHCM과 2000 USHCM의 분석 방법을 비교한 결과 차이점은 다음과 같이 나타났으며 2000 USHCM에서 개선된 방법들은 국내에서의 적용성이 높은 것으로 분석되었다.
  - 집합부를 지점이 아닌 공간상의 합류,분류로 인식
  - 합류,분류에 의한 집합부 영향권 설정

- 예측 교통량 변수를 기존의 편람에서 제시된 V<sub>M</sub>(=V<sub>1</sub>+V<sub>R</sub>)에서 V<sub>R12</sub>(=V<sub>1</sub>+V<sub>2</sub>+V<sub>R</sub>)로 전환
  - 서비스 수준 판정에 교통량 대신 밀도 채택
  - 시설 수준과 차로수에 따른 집합부 용량 산정
2. 자료수집 및 분석 결과, 접속차로 1개 차로만을 고려한 92KHCM 방법의 경우 평가에 사용된 모형식에 의한 추정치와 실제 관측치가 다소 차이를 보였으나 접속차로 2개를 고려한 2000 USHCM의 경우 계산치와 관측치가 거의 일치함을 알 수 있었다. 이를 통해 추정변수 V<sub>1</sub>보다 V<sub>12</sub>가 좀 더 정확한 결과를 도출할 수 있음을 확인 할 수 있었다.
  3. 국내 도로 현장에서 수집된 자료를 토대로 하여 본선교통량에 대한 접속차로 1,2의 교통량비 산출모형과 영향권의 밀도 예측모형을 개발하였다.
  4. 서비스 수준의 MOE로서 영향권의 밀도가 사용되어 졌으며, 이전의 속도에 비해 교통량 증가에 따른 민감도가 우수한 것을 확인할 수 있었다.
  5. 본선 1, 2차로 교통량과 연결로 교통량을 설명변수로 하는 영향권 밀도 추정 모형은 R<sup>2</sup> = 0.85정도로, 상당히 설명력이 우수한 것으로 판명되었다.
  6. 본 연구에서의 분석대상 구간은 독립적인 합류부에 국한하였으나 추후 본 연구는 보다 광범위한 자료의 수집을 통해 연속적인 분류 합류 연결로 접속부에 대한 연구로 확대가 되어야 한다고 판단된다.

## 참 고 문 헌

- [ 1 ] 건설부(1992), “도로용량편람”, 한국건설기술연구원·교통개발연구원.
- [ 2 ] 건설교통부(2000), “도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 『해설 및 지침』”, 기문당.
- [ 3 ] 건설교통부, “도로용량편람 개선연구 제1단계 보고서”, 교통개발연구원, 한국건설기술연구원, 대한교통학회, 1999.8.
- [ 4 ] 건설교통부, “도로용량편람 개선연구 제2단계 보고서”, 교통개발연구원, 한국건설기술연구원, 대한교통학회, 2000.9.
- [ 5 ] Transportation Research Board(2000), “*Highway Capacity Manual*”, *Special Report 209*, Washington D.C.
- [ 6 ] Roses, R.P. and Ulerio, J.M.,(1991) “*Capacity of Ramp-Freeway Junction* : NCHRP Project 3-37 Interim Report”, Transportation Training and Research Center, Brooklyn, New York.
- [ 7 ] AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994
- [ 8 ] Schoen,J.,“Speed-Flow Relationships for Basic Freeway Section”,NCHRP 3-45 Final Report, JHK Associates, 1995
- [ 9 ] Elefteriadou,L.A.,“ Probabilistic Model of Breakdown at Freeway-Merge Junctions”, Doctoral dissertation. PolytechnicUniversity, Brooklyn,n.y.,June, 1994.
- [10] Leisch,J.,“Capacity Analysis Techniques for Design and Operation of Freeway Facilities.” FHWA,U.S.Department of Transportation, 1984.

---

원고접수일 : 2002년 02월 04일

원고채택일 : 2002년 02월 25일