

다차로도로의 서비스수준 분석을 위한 속도보정계수 개선에 관한 연구

New Speed Adjustment Factor for Analyzing Level of Service at Multi-Lane Highway

김원길	Kim, Wongil	정회원 · 연세대학교 스마트공간연구소 연구교수 (E-mail: wgkim0220@hanmail.net)
강원익	Kang, Woneui	한국건설기술연구원 첨단교통연구실 선임연구위원 (E-mail: yikang@kict.re.kr)
노창균	Noh, Chang-gyun	연세대학교 스마트공간연구소 전문연구위원 (E-mail: rev1981@empas.com)
박범진	Park, Bumjin	한국건설기술연구원 첨단교통연구실 수석연구위원 (E-mail: park_bumjin@kict.re.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : This study is to develop speed correction factor for more realistic Level-of-Service(LOS) at multilane highway.

METHODS : In this study, we compared speed difference the degree of speed reductions in actual multilane road conditions with speed reduction considering speed correction factor presented in highway capacity manual using statistical techniques. And also we presents new speed correction factor analyzing collected data at national highway No.1 (Goyang~Wolrung).

RESULTS : The result of analyzing and comparing new suggested speed correction factor with speed correction factor in Korea Highway Capacity Manual (KHCM) shows RMSE (Root Mean Square Error) in new speed correction factor (RMSE 1.5) is much lower than existing speed correction factor (RMSE 13.4). New suggested speed correction can be used for analyzing Level-of-Service at multilane highway. And also we suggests improvements for analysis procedure in analyzing Level-of-Service at multilane highway

CONCLUSIONS : As a result of comparing differences, we draw the causes that effect the differences in speed and suggest new speed correction factor that consider traffic volumes. It can be more rational because it uses speed correction factor which can consider more realistic traffic conditions, etc.

Keywords

multilane highway, speed adjustment factor, average travel speed, highway capacity manual, statistical analysis

Main Author : Kim, Wongil, Research Professor
Smart Space Research Center, Yonsei University,
50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, 120-749, Korea
Tel : +82.2.2123.3569 Fax : +82.2.393.6298
email : wgkim0220@hanmail.net

International Journal of Highway Engineering
<http://www.ksre.or.kr/>
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)

1. 서론

다차로도로는 도로용량편람에 의해 고속도로와 함께 지역간 간선도로 기능을 담당하는 양방향 4차로 이상의 도로로서, 고속도로, 도시 및 교외 간선도로의 도로 및 교통 특성을 함께 갖고 있으며, 확장 또는 신설된 일반 국도로 정의된다. 현재 다차로도로의 서비스수준을 평가하는 효과적으로 도로용량편람에 제시된 평균통행속

도를 사용하고 있다. 평균통행속도는 연속류와 단속류의 교통류 특성이 혼재된 다차로도로의 통행특성을 잘 반영할 수 있는 효과적으로 알려져 있다. 효과적도인 평균통행속도에 영향을 미치는 요소로는 교통량의 변화와 도로 기하구조 조건 등이 있으며, 기하구조 조건은 차로 폭 및 측방여유폭, 유출입 지점수, 평면선형과 종단선형 등이 있다. 기하구조와 관련된 요소들은 도로설계 시 결

정되는 변수인 반면, 교통량은 변동값으로 실질적인 도로의 서비스수준을 결정하는 중요한 요인이다.

본 연구의 목적은 다차로도로의 현실적인 서비스수준 분석을 위한 속도 보정계수의 개선이다. 이를 위하여 도로용량에 제시된 다차로도로의 서비스수준 분석에 적용하고 있는 속도 보정계수와 다차로도로에 해당하는 국도상에서 수집된 실제 데이터를 비교하여 현재 적용중인 속도 보정계수의 문제점을 도출하였다. 또한 데이터 분석으로 속도 보정계수를 개선하였다.

실제 교통류특성을 고려한 다차로도로의 속도 보정계수 개선을 위하여 다음과 같은 연구과정을 수행하였다. 첫째, 기존 도로용량편람에 제시된 속도 보정계수에 따른 속도 감소정도와 실제 다차로도로 상에서 발생하는 속도 감소의 변화를 비교·분석하였다. 도로용량편람에서는 교통량 500vphpl(vehicle per hour per lane, 이하 vphpl) 이하인 경우 교통량변화에 따른 평균통행속도 감소량은 적용하지 않으나, 본 연구에서는 500vphpl 이하인 경우를 모두 포함하여 분석을 시행하였다. 둘째, 분석결과 나타나는 속도 감소량의 차이를 분석하고, 교통량에 따른 새로운 속도 보정계수를 제시하였다. 셋째, 제시된 속도 보정계수의 신뢰성 검증은 RMSE(Root Mean Square Error, 이하 RMSE)를 적용하여 시행하였다. 최종 도출된 속도보정계수를 활용한 다차로도로의 서비스수준 분석방안에 대한 개선방안을 제시하였다. 본 연구에서는 국도상에 설치된 교통량조사시스템(Transport Management System, 이하 TMS) 자료를 활용하여 분석하였다.

2. 기존 속도보정계수 고찰

2.1. 기존 연구 고찰

기존 연구를 고찰한 결과, 기존 연구들은 주로 다차로도로의 서비스수준과 관련된 연구에 한정되어 진행되어 왔다. 다차로도로의 서비스수준의 평가와 관련된 기존 국내연구로 박하승(2004)은 다차로도로에서 발생한 지체 및 사고를 비용으로 환산하여 서비스수준을 분석한 연구를 수행한 바 있다. 한대철(2002)은 다차로도로 평지구간의 차종별 승용차 환산계수를 11종의 차종을 기준으로 제시하였는데, 이 연구에서는 승용차 환산계수를 11종으로 재산정하여 도로의 서비스수준 및 용량분석에 있어 보다 현실적인 값을 제시하였다고 할 수 있다. 박달식(2002)은 차로별 용량산출을 실측하여 최대교통류율과 교통류의 상관관계에 대한 분석을 시행하였으며, 최대교통류율을 도로유형에 따라 분석하였다. 이를 바

탕으로 지점별, 차로별 적정 용량을 각각 제시하였다.

기존 연구의 경우 도로용량편람 개선을 위한 일부 연구를 제외한 경우에 다차로도로가 포함된 단속류 구간에 대한 연구는 연속류 구간에 대한 연구와 비교할 때 관련 연구가 부족하다. 즉, 데이터 구득의 어려움 등을 이유로 다차로도로에 대한 연구가 미진한 실정이다. 또한 국외연구의 경우 다차로도로와 관련된 기준이 국내와는 다른 관계로 본 연구에서 수행하고자 하는 속도 보정계수와 관련된 내용은 존재하지 않는다. 다차로도로의 서비스수준 판정을 위한 기준과 관련된 연구는 일부 진행된 바 있으나, 효과적으로 제시한 값을 도로상에서 실측이 어려운 값을 선정한 바 적용성에 있어서 속도 이외의 대안을 선정하기는 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 도로용량편람에서 제시된 방법론을 검토하고, 실제 데이터를 활용한 속도 보정계수 개선을 수행하였다.

2.2. 도로용량편람 고찰

도로용량편람의 다차로도로 서비스수준 분석을 위한 속도보정계수는 Table 1 및 Table 2와 같다. 교통량 500vphpl을 기준으로 500vphpl 이하의 경우 신호등 밀도를 기준으로 속도보정계수를 적용하여 서비스수준을 분석하고 있다. 교통량이 500vphpl을 초과하는 경우 교통량의 증가에 따라 최대 평균 통행속도 감소량을 속도보정계수로 적용한다.

실제 도로에서는 교통량이 500vphpl 이하인 경우에도 구간 평균속도를 기준으로 자유속도로 운행하지 못하는 경우가 발생할 수 있으며, 교통량 1800vphpl의 경우 자유속도 대비 20kph 이상의 속도감소를 보인다.

본 연구에서는 교통량 100vphpl 미만인 경우에서부터 100vphpl씩 교통량이 증가할 때 감소되는 평균 통행속도를 도출하고 이를 검증하였다.

Table 1. Correction Factors for Signals
(Volume ≤ 500vphpl, FS)

Average g/C in Main Direction	Reduction of Maximum Average Travel Speed (kph)					
	Density of Signals (Unit/km) ≤ 0.3 [I]		Density of Signals (Unit/km) ≤ 0.7 [II]		Density of Signals (Unit/km) ≤ 1.0 [III]	
	Passenger Car	Heavy Vehicle	Passenger Car	Heavy Vehicle	Passenger Car	Heavy Vehicle
0.80	1	1	2	2	4	4
0.75	1	1	4	3	5	5
0.70	2	2	5	5	7	7
0.65	3	2	7	6	9	9
0.60	4	3	9	8	13	13

Table 2. Speed Correction Factors for Signals According to Traffic Volume (Average Link Volume > 500vphpl, FV)

a. Passenger Car (Unit : kph)

Density of Signals (unit/km)	Reduction of maximum average travel speed (kph)				
	≤ 0.1		> 0.1 (including stopped delay at signal)		
	Maximum average travel speed (SP1, kph)		≤ 0.3	≤ 0.7	≤ 1.0
≥ 87kph	< 87kph				
500	1	1	1	1	2
600	1	1	1	2	3
700	1	1	2	3	4
800	2	2	2	4	5
900	2	3	3	5	6
1000	3	3	4	6	7
1100	4	4	5	7	8
1200	4	5	6	8	10
1300	6	6	8	10	12
1400	8	8	10	12	14
1500	9	11	11	16	18
1600	12	14	14	19	22
1700	16	17	19	23	26
1800	20	20	24	29	32

b. Heavy Vehicle (Unit : kph)

Density of Signals (unit/km)	Reduction of maximum average travel speed (kph)				
	≤ 0.1	> 0.1(including stopped delay at signal)			
		≤ 0.3	≤ 0.7	≤ 1.0	
500	1	1	3	3	
600	1	2	4	4	
700	2	2	4	5	
800	2	3	5	6	
900	2	3	6	7	
1000	3	4	7	8	
1100	3	4	8	9	
1200	4	5	9	10	
1300	4	6	10	12	
1400	5	7	12	14	
1500	6	8	14	16	
1600	7	9	17	19	
1700	9	12	20	22	
1800	10	15	25	28	

3. 데이터 분석 및 속도 보정계수 도출

3.1. 데이터 수집

실제 도로에서 구간 평균 교통량에 따른 최대 평균속

도 감소량을 기준으로 속도보정계수 분석을 위하여 Fig.1에 위치한 교통량조사시스템(TMS)로 교통정보를 수집하였다. 데이터 수집지점은 평면선형 및 종단선형에 의한 속도감소량이 발생하지 않는 이상적인 도로에 해당하는 구간을 중심으로 선정하였으며, 그 결과 국도 1호선 고양~월릉 구간 중 파주농협 하나로마트 전방에 위치한 교통량조사시스템(TMS)이 설치된 구간을 대상으로 1분 주기로 해당 지점을 통과한 모든 차량을 대상으로 교통량, 평균속도, 점유율 및 차종 정보를 수집·분석하였다.



Fig. 1 Location of Transport Management System (TMS) (Hanaro Mart Intersection, Jori-up, Paju, Kyunggi-do)

데이터는 2010년 2월 주중 화, 수, 목요일 3일간 데이터를 4주간 수집하였으며, 수집한 데이터 중 기상상태가 양호한 2월 2, 3, 4일 총 3일간 데이터를 분석하였다. 또한 2월 23일 및 24일의 데이터를 활용하여 데이터를 검증하였다. 분석데이터 수집일 및 시간은 Table 3과 같다.

Table 3. Collected Traffic Data and Characteristics of Road

Characteristics of Collected Data and Road	
Data Collection Date	2, 3, 4, 23, 24 February 2010 (Five Days)
Data Collection Time	00:00 AM ~ 23:59 PM (24 Hours)
Collected Data	Volume, Average Speed, Occupancy, Vehicle Type
Characteristics of Road	2 Way with 4 Lanes Speed Limit 80kph Maximum Average Travel Speed ≤ 87kph Density of Signals ≤ 0.1 Horizontal Alignment Sinuosity ≤ 10°/km (Speed Reduction 0kph) Vertical Alignment Grade ≤ 2m/km (Speed Reduction 0kph)

본 연구에서 적용한 교통량조사시스템(TMS)는 피에조 센서를 이용한 차량검지기로, 도로에 매설된 피에조 센서를 통과할 때 축에 의해 감지된 정보를 이용하여 교통정보를 수집하는 원리로 운영되고 있다. 두 개의 피에조 센서를 일정거리로 유지하여 도로상에 매설하게 되면 차량의 속도를 매우 정확하게 측정할 수 있다. Table 4에 제시한 피에조 센서의 신뢰도는 속도 측정오차의 경우 $\pm 1.0\%$ 이하(국토해양부, 2000)로 본 연구에서 활용한 속도 및 속도감소량의 영향을 보다 잘 검지할 수 있다고 판단된다.

Table 4. Reliability of Piezo Sensor

	Plain
Error in Measuring Vehicle speed	below $\pm 1.0\%$
Errors in Measuring Axle Distance (Vehicle Type)	below $\pm 5\text{cm}$
Errors in Measuring Vehicle Length (Vehicle Type)	Under $\pm 2.5\%$

3.2. 개선된 속도 보정계수 도출

교통량조사시스템(TMS)로 수집된 교통정보를 다음과 같이 분석하였다. 1분 단위로 수집된 교통정보를 15분 단위로 가공하였다. 15분 단위의 교통소통정보는 해당 시간의 소통상황을 가장 잘 반영하고 있다고 알려져 있다. 15분 단위의 통행속도의 산정을 위하여 단순평균법을 사용하지 않고, 교통량에 가중치를 둔 가중평균법을 사용하여 산정하였다. 산정방법은 Table 5와 같다.

이와 같이 산정된 차로당 교통량과 15분 평균속도를 이용하여 속도감소량을 분석하였다. 차로당 교통량의

Table 5. Processing of Collected Data

Time (Min)	Volume (1Min) ①	Average Speed ②	①×②	Volume (15Min)	pcphpl	Average Speed (15Min)
1	11	61.9	680.9	81	324	61.7
2	3	59	177			
3	11	61.5	676.5			
4	1	74	74			
·	·	·	·			
·	·	·	·			
·	·	·	·			
12	1	59	59			
13	2	70.5	141			
14	7	68.9	482.3			
15	3	69.3	207.9			

분포는 100pcphpl부터 2,000pcphpl까지 나타났다. 1,200pcphpl 이상의 경우 수집된 정보의 양이 작아 1,200pcphpl 이상은 한 개의 급간으로 묶어서 데이터 분석을 시행하였다.

Table 3에서 제시한 도로특성과 같이 평면선형 굴곡도 및 종단선형 경사도는 속도감소량에 미치는 영향은 없다. 15분 교통량은 1분단위로 수집된 교통량의 총합으로 산정하고, 차로당 교통량(pcphpl)은 15분 교통량의 4배로 산정하였다. 15분 평균속도는 1분당 교통량×평균속도의 총합을 15분 교통량으로 나누어 산정하였다.

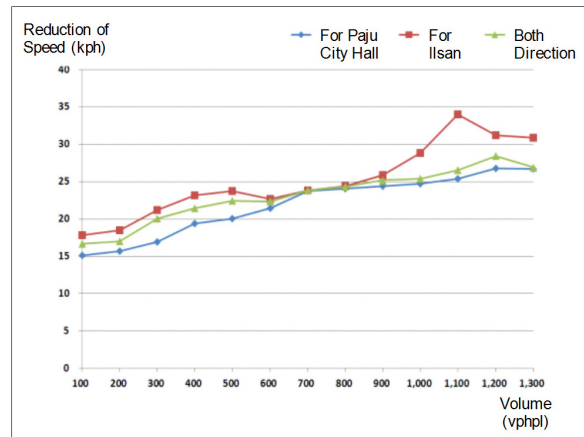


Fig. 2 Analyzing Result for Speed Reduction

Table 6. Analyzing Result for Reduced Speed

(Unit : kph)

Volume (vphpl)	For Paju City Hall	For Ilsan	Total (for both directions)	Average	Highway Capacity Manual
100	5	8	7	7	
200	6	8	7	7	
300	7	11	10	9	
400	8	13	11	11	
500	10	14	12	12	1
600	11	13	12	12	1
700	14	14	14	14	1
800	14	14	14	14	2
900	14	16	15	15	2
1,000	15	19	15	16	3
1,100	15	24	17	19	3
1,200	17	21	18	19	4
≥ 1,200	17	21	18	19	5

Fig. 2와 Table 6은 실제 데이터를 이용하여 속도감소량을 산출한 결과이다. 평면선형 굴곡도 및 종단선형 경사도 등 도로특성이 통행속도에 미치는 영향이 없음

에도 도로용량편람에서 제시한 속도보정계수보다 속도 감소량이 크게 나타났다.

교통량에 의해 속도감소가 발생하는 시점이 도로용량 편람에는 500vphpl인 경우부터 나타나는 것으로 제시되어 있으나, 현실 교통류에서는 교통량이 100vphpl인 교통류에서도 속도감소가 발생하는 것으로 나타났다. 이는 도로용량편람에서 제시된 값이 차량간 상충에 의해 발생할 수 있는 영향을 과소평가하고 있음을 의미한다. 또한 최대 속도감소량이 나타나는 교통량 1,200 vphpl 이상의 교통류에서의 속도감소량이 도로용량편람에 5km/h로 제시되어 있는 반면, 현실 교통류에서는 최대 21km/h로 나타났다. 타 요인을 제외하고 도로용량편람에서 제시된 속도보정계수가 교통량이 속도에 미치는 영향에 대해 현실 도로특성을 반영하지 못함을 의미한다.

현실 교통류의 특성을 반영한 속도감소량 산정을 위하여 수집된 데이터를 이용한 속도보정계수를 다음과 같이 산정하였다. 파주시청방면, 일산방면 및 방향별 통합 속도 감소량을 기준으로 평균 속도감소량을 산정하였다. 산정된 평균 속도감소량을 이용하여 속도 보정값을 산정하였고, 분석된 평균 속도감소량(속도보정값)을 이용하여 Fig. 3과 같이 회귀식을 이용한 추세분석을 시행하였다.

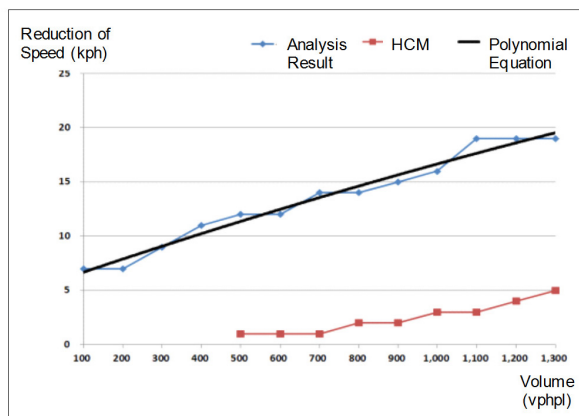


Fig. 3 Trend Analysis for Speed Reduction

사용한 회귀식은 Table 7과 같이 2차 다항식, 선형회귀식, 로그 및 지수함수에 의한 회귀식을 도출하였으며, 최적 속도 보정계수 산출식을 각각 제시하였다. 분석결과 적용 가능한 4개의 회귀식 중 2차 다항식에 의하여 산출된 값이 현실 교통류의 특성을 가장 잘 설명하는 것으로 나타났으며, 이는 교통량이 증가함에 따라 속도감소폭이 줄어들어 포물선 형태의 속도감소량 추세를 나

타내는 현실 교통류의 특성이 반영된 결과라 할 수 있다. 모든 회귀식에 상수항이 포함되어 있으며, 이는 교통량에 의해 제한속도보다 낮은 속도분포가 발생하고 있으며, 이러한 값에 대한 보정을 위하여 포함하였다.

Table 7. Regression Equations for Speed Corection Factor

	Regression Equations	R ²
Multinomial Equation	$y = -0.000001x^2 + 0.012x + 5.447$	0.9729
Linear Regression	$y = 0.011x + 5.885$	0.9714
Log Function	$y = 5.208\ln(x) + 19.631$	0.8865
Exponential Function	$y = 6.948e^{0.0009x}$	0.9387

2차 이상의 다항식을 적용한 경우의 R²는 2차 다항식에 의하여 도출된 회귀식과 유사하므로 2차 다항식을 사용한 속도보정계수를 산출하였다. Table 8은 본 연구를 통하여 분석된 속도보정계수(속도감소량), 2차 다항식으로 산출한 속도보정계수, 도로용량편람에 제시된 속도보정계수를 비교한 결과이다.

Table 8. Speed Correction Factor

(Unit : kph)

Volume (vphpl)	Result	Regression Equation (Multinomial Equation)	Highway Capacity Manual
100	7	7	-
200	7	8	-
300	9	9	-
400	11	10	-
500	12	11	1
600	12	12	1
700	14	14	1
800	14	15	2
900	15	16	2
1,000	16	17	3
1,100	19	18	3
1,200	19	19	4
≥ 1,200	19	20	5

4. 속도보정계수의 검증 및 적용

4.1. 속도보정계수 검증

본 연구의 수행을 위하여 수집한 데이터 중 2월 23일 및 24일의 데이터를 활용하여 검증을 시행하였다. 2월 23일 및 24일의 데이터를 속도보정계수 산출을 위하여

가공한 방안과 동일하게 적용하여 속도감소량을 산출하였고, 이를 속도보정계수와 비교하여 평균제곱근 오차(RMSE)로 신뢰도를 검증하였다.

Table 9는 2월 23일 및 24일의 수집데이터로 분석한 속도감소량이다. 기존에 적용하고 있는 도로용량 편람의 값과 비교하여 현실교통류의 특성을 얼마나 잘 반영하고 있는지 검토하기 위하여 다음과 같이 검증을 시행하였다. Table 8의 데이터를 이용하여 본 연구로 산출된 속도보정계수와 도로용량편람에서 제시한 속도보정계수를 이용하여 RMSE 검증을 시행하였다. 분석결과 Table 10과 같이 본 연구에 의하여 도출된 속도보정계수가 기존 도로용량편람의 속도보정계수(RMSE 13.4)보다 매우 낮은 오차(RMSE 1.5)를 보이는 것으로 나타났다. 이는 현실 교통상황을 보다 정확히 반영한 속도보정계수라 할 수 있다.

Table 9. Data Analysis Results for Verification

Volume (vphpl)	Reduced Speed (kph)	Volume (vphpl)	Reduced Speed (kph)
100	8	800	15
200	8	900	18
300	9	1,000	18
400	12	1,100	20
500	13	1,200	24
600	13	≥ 1,200	20
700	14		

Table 10. Verification Results for RMSE

	Speed Correction Factor in This Study	Speed Correction Factor in Highway Capacity Manual
RMSE	1.5	13.4

4.2. 다차로도로의 서비스수준 분석과정 개선

도로용량편람의 다차로도로 서비스수준 분석과정은 Fig.4와 같다. 도로용량편람의 다차로도로 서비스수준 분석 시 교통량이 500vphpl 미만인 경우 신호등 보정계수만을 이용하여 평균통행속도를 산정한다. 그러나 본 연구결과 500vphpl 미만인 경우에도 차량의 통행속도가 감소하는 것으로 분석되었으며, 이러한 분석결과를 반영하기 위하여 다차로도로의 서비스수준 분석과정에 대한 개선이 필요하다고 판단된다. Fig.4 다차로도로 서비스수준 분석절차 중 '서비스수준 개선 필요부분'으로 제시된 부분은 구간을 구간 평균 교통량을 기

준으로 나누는 것이 아니라 교통량에 따른 속도보정계수만을 적용하여 다차로도로의 서비스수준을 분석하는 것으로 개선되어야 한다고 판단된다. 다차로도로의 서비스수준 분석과정의 개선안은 추가적인 연구가 필요하므로 본 연구에서는 개선방향만을 제시하였다.

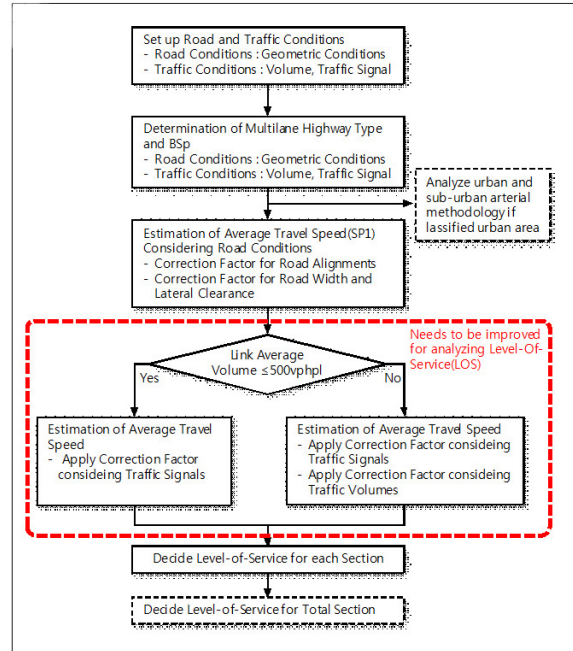


Fig. 4 Improvements for Analysis Procedure in Analyzing Level-of-Service at Multilane Highway

5. 결론

본 연구는 현재 도로용량편람에 제시되어 있는 다차로도로의 서비스수준 분석 과정이 교통량 기준 500pcphpl 미만의 경우 신호등 밀도를 기준으로, 500pcphpl 초과 시 교통량을 기준으로 산정방안이 잘못되었음을 제시하였다. 또한 500pcphpl 미만의 교통량수준의 도로에서도 속도감소가 발생하는 것을 실제 데이터로 증명하였으며, 도로용량편람에서 제시하는 값보다 속도의 감소량이 큰 것으로 나타났다.

본 연구에서는 국도 1호선 고양~율령 구간 중 파주농협 하나로마트 전방에 위치한 교통량조사시스템(TMS)으로 수집된 실제 데이터 분석으로 속도감소량을 산출하고 적합한 속도보정계수를 제시하였다. 실측자료를 사용하여 도출된 속도보정계수는 현실 교통상황을 대변한다고 할 수 있으며, 현재 속도보정계수의 문제점을 개선하고 오류를 최소화할 수 있는 보정계수라고 판단된다. 그러나 본 연구에서는 1개 검지기로 수집된 데이터

를 이용하여 속도보정계수를 산정하였으므로 다차로도로의 분석방안으로 일반화시키기 위해서는 보다 많은 자료를 이용한 분석이 추가되어야 할 것이다. 또한 다차로도로 서비스수준 분석방안의 개선을 위해서는 신호등 밀도가 서로 다른 지점의 검지기의 분석결과도 함께 포함하여 분석되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원 주요사업(대중교통 HUD 기술개발)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Han, Daecheol, 2002, *A Study on the PCEs Estimation of Various Vehicle Types on the Level Terrain Section of Multilane Roadway*, Graduate School, Hanyang University, Seoul, Korea.
- Korea Society of Transportation, 2001, *Highway Capacity Manual*.
- Park, Haseung, 2004, *A study on determination of the level of service by delay and accidents in multilane highways*, Graduate School, Chonnam national University, Kwangju, Korea.
- Park, Dalsik, 2002, *A Study on Traffic Flow Characteristics and Capacity Estimation for Rural Highway Lanes*, Graduate School, Hanyang University, Seoul, Korea.
- The development of the traffic monitoring system applied by the artificial intelligence*, 2000, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs.
- (접수일 : 2012. 10. 8 / 심사일 : 2012. 10. 16 / 심사완료일 : 2012. 10. 19)