

상습 지체구간 선정을 위한 Percentile 속도의 활용

Application of Percentile Speed for Appraisal of Road Section with Recurring Congestion

김형곤 Kim, Hyung Gon
이기영 Lee, Ki Young
이승봉 Lee, Soong Bong
장명순 Chang, Myungsoon

정회원 · 남경 E&C 대표이사 (E-mail : hgkim333@hanmail.net)
정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원 (E-mail : kylee@ex.co.kr)
서울대학교 환경대학원 박사과정 · 교신저자 (E-mail : habanera82@hanmail.net)
정회원 · 한양대학교 교통물류공학과 명예교수 (E-mail : hytran@hitel.net)

ABSTRACT

PURPOSES : The objective of this study is to find Percentile Speed(V_p) for Appraisal of Road Section with Recurring Congestion.

METHODS : Percentile Speed(V_p) is determined by correlation analysis of CSI that proposed existing literature. and CSI(Consistency Service Index) is a index that subtract service fail frequency from 100 points, and service fail is defined as traffic situation is driving less than 80kph speed. In this study, We analyzed the highest correlation percentile speed associated with CSI. This speed is chosen as a delay decision speed. In order to verifying reliability, it performed a comparison with the previous method.

RESULTS : As a result, 30 percentile speed(V_{30}) was decided as index speed for judgement of recurring congestion section, and through comparison with existing methods, we demonstrated that 30 percentile speed can be useful for judgement of recurring congestion section.

CONCLUSIONS : This method to Determine recurring congestion section using the percentile speed(V_{30}) was proposed for the first time in this paper. This method can be applicated more quickly and easily than existing method for determining of recurring delay section .

Keywords

percentile speed, recurring congested section, expressway, consistency service index(CSI), speed estimation model

Corresponding Author : Lee, Soong Bong, PH.D Candidate
Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University
1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 151-742, Korea
Tel : +82.31.371.3302 Fax : +82.31.371.3319
E-mail : habanera82@hanmail.net

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received Aug. 13, 2014 Revised Aug. 19, 2014 Accepted Oct. 1, 2014

1. 서론

상습 지체구간이란 “지체상태로 판단할 수 있는 교통 소통상황이 주기적이고 반복적으로 발생하는 도로구간”을 말하며, 여기서 소통상황을 판단하는 지표로는 통행속도가 주로 활용된다. 고속도로에서도 상습적인 지체 현상이 반복되는 도로구간이 다수 존재하며, 관리자는 한정된 재원을 효율적으로 활용하기 위하여 자체 판단 기준에 따라 상습 지체구간을 선정하여 관리하고 있다.

현재 고속도로의 상습 지체구간을 선정하는 기준은,

1년 시간대 중에서 40kph 이하로 주행하는 시간대가 얼마나 주기적으로 반복해서 발생하느냐에 따른 빈도수를 가지고 판단하도록 되어 있다. 여기서 두 가지 관점에서 심도 있는 검토가 필요한데, 첫째는 지체판단의 기준속도가 왜 40kph인가에 대한 문제, 두번째는 1년치 모든 시간대 속도자료를 가지고 분석해야만 하는가에 대한 의문이다. 이중 후자의 경우 도로구간의 상습 지체 여부를 판단할 수 있는 간단한 방법이 존재한다면, 방대한 자료의 분석이 필요 없게 되며, 고정된 검지기가 매

설되지 않은 도로의 경우에도 상습 지체에 대한 분석이 가능할 수 있다.

본 연구의 착안점은 도로교통분야에 있어 소통과 안전성 확보를 위해 공학적 판단기준으로 사용 중인 Percentile 속도를 가지고 상습 지체구간을 판단할 수 있을지에 대한 가정에서 출발한다. 통상적으로 공학분야에서 제한속도의 결정 시 상위 15%에 해당하는 속도를 활용하고 있고, 또한 차로수 설계 시 30번째 높은 교통량을 활용하는 등 전 도로 교통 분야에 걸쳐 percentile 속도의 활용은 광범위하게 활용되고 있다.

만약 도로구간의 상습 지체여부를 판단하는데 있어 특정 Percentile 속도의 활용으로도 충분히 가능하다면, 우리는 매우 손쉽게 상습 지체구간을 선정할 수 있게 된다. 또한, 상습 지체상황을 판단해주는 어떤 Percentile 속도가 존재한다면, 우리는 이를 “상습 지체판단속도(V_p)”로 정의하고자 한다.

상습 지체판단속도(V_p)로 사용가능한 Percentile 속도를 결정하기 위해, 본 연구에서는 이기영 등(2013)이 제안한 일관성 서비스지수(CSI: Consistency Service Index)를 활용하여, 이와 가장 유사한 관련성을 가진 Percentile 속도를 V_p 로 결정하고자 한다. 또한 V_p 를 가지고 고속도로 상습 지체구간을 선정해 봄으로써, 그 활용가치를 입증해 보고자 한다. 또한 V_p 를 추정할 수 있는 모형을 개발하여, 도로구간의 상습 지체여부를 판단할 수 있는 분석방법을 제시하고자 한다.

2. 기존방식 고찰 및 착안사항

2.1. 기존 상습 지체구간 선정방법

일반적으로 도로 혼잡이란 용량을 초과하는 과다한 교통수요나 도로구조상의 문제, 그리고 교통사고 등의 다양한 원인에 의해서 발생하는 차량의 지·정체 및 대기행렬 현상을 말한다.

도로등급별로 지체여부를 판정하는 주행속도는 서로 다를 수밖에 없는데, 그 이유는 도로의 설계속도, 제한속도 등 도로유형별 기능이 다르게 설계·운영되고 있기 때문이다. 국내의 경우 Table 1에서 보듯이, 혼잡을 판단하는 척도로서 통행속도를 기준하여 정체, 서행, 소통원활 등 3단계로 구분하고 있다. 그러나 각 도로별로 각 소통상태를 판단하는 속도는 상이하다. 고속도로의 경우는 “정체”를 표출하는 기준속도는 40kph 이하이고, “서행”은 40~80kph, “소통원활”은 80kph 이상일 때 이를 표기한다. 결국 서행조건인 상위 속도인 80kph는 고속주

행기능을 유지해야 하는 고속도로의 소통상태의 정상여부를 판단할 수 있는 기준속도로 볼 수 있다.

Table 1. Judgement Criterion of Traffic Conditions

Classification	Index	Traffic Condition Criterion	
Expressway	speed	smooth	≥80kph
		slow-moving	40~80kph
		congestion	≤40kph
National Highway	speed	smooth	≥40kph
		slow-moving	20~40kph
		congestion	≤20kph
Urban Expressway	speed	smooth	≥50kph
		slow-moving	30~50kph
		congestion	≤30kph

고속도로의 상습 지체구간 판단기준은 Table 2와 같이, 평일은 40kph 이하(정체)의 속도가 일일 1시간 이상, 월 8일 이상 발생할 경우 이를 지체구간으로 선정하는 방식을 채택하고 있다. 또한 주말의 경우, 일 2시간 이상, 월 4일 이상 발생할 경우 상습 지체구간으로 선정하고 있다. 여기서 판단기준인 속도를 40kph를 채택하고 있는데, 이는 Table 1의 고속도로의 “정체” 기준을 준용한 것이다.

Table 2. Selection Criteria of Recurring Congestion Section in Expressway

Section	Travel speed		Duration	Frequency
Selection condition	weekday	≤40kph	≥1h/day	≥8day/m
	weekend		≥2h/day	≥4day/m

여기서 우리는 “40kph 이하로 주행하는 상태”를 “정체상황”으로 판단하는 것과는 달리, 상습적인 지체가 반복 발생하는 구간을 판단함에 있어서, 40kph 속도를 준용하여 그대로 사용할 필요는 없을 것이다. 즉 고속도로 상에서 상습 지체구간이라 함은, 고속주행 서비스가 제공되지 않은 상황이 지속적으로 발생하는 구간으로 볼 수 있으며, 이런 관점에서 판단의 기준속도가 40kph인 것은 다소 낮은 수치로 볼 수 있기 때문이다.

결국 고속서비스에서 벗어난 관점이라면, 서행의 조건이 되는 40~80kph의 속도구간도 제대로 된 서비스를 제공하지 못하는 상황으로 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 상습 지체구간을 판단하는 속도의 기준으로, 40kph 대신 80kph의 속도를 활용하고자 한다. 즉 80kph 이하의 속도로 주행하는 상황은 고속도로의 본래의 서비스 제공조건에 부합되지 않은 상황이므로, 이

를 상습 지체의 판단속도로 활용하고자 한다. 본 연구에서 산출하고자 하는 상습 지체판단속도(V_p)를 구하기 위해 활용한 CSI 지수의 경우도 80kph를 기준으로 상습 지체구간을 선정하는 방식으로 도출된 지수이다.

2.2. 연구 착안사항

현 방식은 앞에서 제시한 상습 지체를 판단하는 기준 속도의 문제도 존재하지만, 기본적으로 분석절차가 복잡하고 1년치 속도자료($365 \times 24 = 8,760$ 개)를 활용해야 하므로 정산과정이 쉽지 않은 단점을 가지고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 도로의 설계나 운영에 활용되는 Percentile 속도를 활용할 수 있는지에 대해 검토해 보고자 한다. Percentile 속도는 도로의 특성이나 등급, 운영조건을 결정하는데 널리 사용되고 있다. 예를 들어 제한속도 산정 시, 하위 제한속도는 15 Percentile 속도를, 상위 제한속도는 85 Percentile 속도를 사용한다.

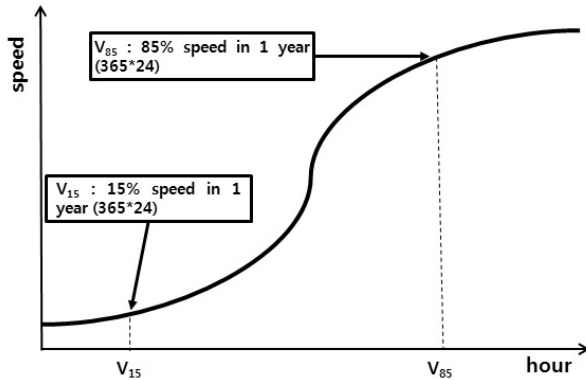


Fig. 1 Cumulative Curve of Percentile Speed

본 연구에서는 Percentile의 속도 중 하나가 동 구간의 상습 지체여부를 결정할 수 있다는 가정 하에서 출발하고자 한다. 즉 이것이 성립된다면 우리는 상습 지체의 판단이 되는 Percentile 속도의 예측을 통해 손쉽게 해당구간의 상습 지체여부를 판단할 수 있게 될 것이다. 또한 기존의 방법처럼 1년 전체 시간대(8,760개)의 자료를 가지고 분석해야 하는 번거로움이 제거될 것이다.

3. 상습 지체판단속도(V_p)의 결정

3.1. 접근방법

교통분야에서 가장 많이 사용되는 Percentile 속도는 5 Percentile, 10 Percentile, 15 Percentile, 50

Percentile, 85 Percentile 등이다. 이 중 50 Percentile 속도는 전체속도 중 중위 값을 갖는 것으로 그 구간을 대표하는 속도로 볼 수 있으나, 검증절차 없이 이 속도를 상습 지체구간을 판단하는 속도로 그대로 적용할 수는 없다.

따라서 기본적인 접근절차는 이기영 등(2013)이 제시한 일관성 서비스지수(CSI)와 가장 연관성이 높은 Percentile 속도를 산출하여, 이를 상습 지체구간 판단속도로 결정하는 방식을 적용하고자 한다. 일관성 서비스지수는 고속도로 이용자에게는 언제 어디서든 80kph를 초과하는 도로환경을 제공해야 한다는 의미에서 산출된 서비스지수이다. 즉 특정구간이 1년 모든 시간동안 80kph 이상으로 주행하였을 경우를 100점 만점으로 하여 이를 달성하지 못한 시간비율을 차감하여 점수화한 지표를 말한다.

일관성 서비스지수

$$= 100 \times \left[1 - \frac{\sum_i \sum_k \delta_{ik}}{\text{연간 총시간대}(365\text{일} \times 24\text{시간})} \right] \quad (1)$$

여기서, i : 해당일

k : 해당시간대

δ_{ik} : i 일 k 시간대의 주행속도가 80kph

이하이면 1, 초과이면 0

CSI는 해당구간의 상습 지체여부를 판정하는데 효과적으로 활용할 수 있으며, 그 판단기준은 Table 3과 같다.

Table 3. Determination Criterion of Recurring Section using CSI

Classification	CSI
Non-congestion section	CSI ≥ 85
Candidate congestion section	65 ≤ CSI < 85
Congestion section	CSI < 65

(1) 상습 지체구간: 해당구간의 1년 전체 시간대 중 80kph 이하로 주행하는 시간대 비율이 35%를 초과된 경우로, 1일(24시간) 중 평균 약 8시간 이상 80kph 이하로 주행하는 경우 이를 지체구간으로 판정한다.

(2) 상습 후보 지체구간: 해당구간의 1년 전체 시간대 중 80kph 이하로 주행하는 시간대 비율이 15% 초과~35% 이하로, 1일(24시간) 중 평균 4시간 이상 8시간 미만 80kph 이하로 주행하는 상태일 때 후보 지체구간으로 판정한다.

(3) 비지체구간: 해당구간의 1년 전체 시간대 중 80kph 이하로 주행하는 시간대 비율이 15% 이하인 경우로, 1일(24시간) 중 평균 4시간 미만 80kph 이하로 주행하는 상태일 때 비지체구간으로 정의한다. 일평균 오전과 오후 각각 2시간씩의 피크시간대에 80kph 이하로 주행하지 않으면 이를 지체구간으로 결정하지 않는다는 의미이다.

일관성 서비스지수(CSI)를 활용하여 상습 지체구간 판단속도인 V_p 를 결정하기 위한 절차는 아래와 같다.

- (1) 경기권의 204개 고속도로 구간을 대상으로, 2012년 1년치 속도자료를 분석하여 각각의 CSI를 산출한다.
- (2) 204개 도로구간마다 주요 Percentile의 속도($V_1, V_5, V_{10}, V_{15}, V_{50}$)를 산출하고, CSI와 상관성이 가장 높은 Percentile 속도를 도출한다. 이를 "상습 지체판단속도(V_p)"로 정의한다.
- (3) 지체판단속도(V_p)와 CSI와의 회귀모형을 통해서, Table 3의 CSI에 의한 상습 지체판단기준을 V_p 기반의 상습 지체구간 선정기준으로 치환한다.
- (4) 1년치 자료분석없이 지체판단속도(V_p)을 간단하게 추정하기 위해 손쉽게 얻을 수 있는 특성변수를 활용하여 V_p 추정모형을 구축한다. 즉 평가대상 구간의 특성변수 취득을 통해, V_p 추정모형에 대입함으로써 구간별 상습 지체여부를 간단히 판단하게 된다.

3.2. 상습 지체구간 판단속도(V_p)의 결정

분석대상으로 경기권 고속도로 204개 구간을 선정하였으며, 3개 노선(경인선, 제2경인선, 서울외곽선 : 93개 구간)은 도시부, 6개 노선(서해안선, 영동선, 제2중부선, 중부내륙선, 중부선, 평택제천선 : 111개 구간)은 지역간 도로로 구성되어 있다. 또한 분석을 위한 속도자료는 204개 구간 각각의 2012년 VDS 자료에서 수집된 8,760개(365일×24시간)의 1시간 단위의 속도자료를 이용하였다.

이 자료를 이용하여 204개 구간마다 각각의 CSI 값과 주요 Percentile 속도들을 산출하고, 이 변수간의 상관관계를 분석하였다. 그 결과 CSI와 연관성이 높은 Percentile 속도는 30 Percentile 속도(V_{30}), 40 Percentile 속도(V_{40})로 나타났다.

Table 4. The Correlation Index between Travel Index and Each Percentile Speed

Variable	V1	V5	V10	V15	V20	V30	V40	V50	V70
CSI	0.40	0.63	0.70	0.78	0.81	0.87	0.87	0.84	0.76
Avg Speed (V_a)	0.57	0.81	0.84	0.88	0.90	0.93	0.92	0.90	0.83

둘 중에 어느 Percentile 속도를 쓰는가에 대한 부분을 결정하기 위해, 해당 도로의 전체속도를 대변하는 연평균속도(V_a)와의 연관성을 추가로 분석해 보았다. 이를 통해 V_{30} 이 높은 연관성을 나타내었으므로, 우리는 V_{30} 을 상습 지체판단속도로 잠정 결정하고, 이에 대한 실용성을 검증을 통해 확정하고자 한다.

3.3. V_{30} 에 의한 상습 지체구간 판단기준

이제 Table 3의 CSI를 이용한 상습 지체 판단기준을 활용하여, V_{30} 에 의한 판단기준을 정립해 보고자 한다.

본 연구에서는 CSI와 V_{30} 을 관계모형을 개발하기 위해 로지스틱 곡선식(Logistic Curve)을 응용하고자 한다. 로지스틱 곡선식을 사용하는 이유는, CSI는 항상 100점 이하의 점수를 가지는 변수이며, 또한 V_{30} 과는 반비례 관계에 있다고 볼 수 있기 때문이다. 따라서 CSI를 종속변수로 하고, V_{30} 을 독립변수로 하는 로지스틱 회귀식을 구축하고자 한다.

위의 모형의 회귀분석결과는 Eq. (2)와 같다. V_{30} 은 분모에 존재하는 변수로 V_{30} 이 커질수록 CSI도 커지는 비례관계이므로, V_{30} 의 계수값은 음수(-)값이 도출되었다.

$$CSI = \frac{100}{1 + e^{11.9124 - 0.1639V_{30}}} \quad (2)$$

Table 5. The Logistic Regression Model between CSI and V_{30}

Variable	Value		
	Coeff.	t-ratio	p-value
Constant	11.9124	17.5855	.0000
V_{30}	-0.1639	-21.2939	.0000

$r^2=0.692$, Number of obs.=204

따라서 Eq. (2)를 활용하여 Table 3의 CSI를 V_{30} 로 치환하면, V_{30} 에 의한 상습 지체판단기준을 만들 수 있게 되며, 이는 Table 6과 같다. 만약 특정구간의 V_{30} 이 76.5kph보다 작을 경우 우리는 이를 상습 지체구간으로 판단하며, 이는 연중 30%의 시간대가 76.5kph 미만 속도로 움직이고 있다는 것을 의미한다.

Table 6. Determination Criteria of Recurring Section using V_{30} and CSI

Classification	V_{30}	CSI
Congestion section	$V_{30} < 76.5$	CSI < 65
candidate Congestion section	$76.4 \leq V_{30} < 83.2$	$65 \leq \text{CSI} \leq 85$
Non-congestion section	$V_{30} \geq 83.2$	CSI ≥ 85

3.4. V_{30} 을 통한 상습 지체구간 선정 및 비교

Table 7은 현재 고속도로 상습 지체구간으로 선정 (Table 2 참조)되어 관리되고 있는 구간을 본 연구에서 제안한 V_{30} 을 통해서 이 구간들의 상습 지체여부를 재평가하였다. 이를 통해 본 연구의 제안방법 효율성을 간접적으로 검증해 볼 수 있을 것이다.

Table 7. Decision Result of Recurring Congestion Section based on V_{30}

Route	Section	V_{30}		V_a (kph)
		Result	V_{30}	
Gyeongin	dowha → Bupyeong	△	82.4	86.7
	Incheon → Gajwa	×	88.1	91.2
	Bucheon → shinwal	△	80.3	82.6
Seoul outline	seoun(JC) → Bucheon	○	64.0	77.1
	guri(TG) → Topyeong	△	80.1	83.7
	Gimpo(TG) → songnae	×	85.4	87.3
	Shiheung → jungdong	△	76.9	81.6
	gangil → hanam(JC)	△	80.3	83.9
	Toegyewon → Namyangju	△	79.6	82.6
	jonam(JC) → suam(T/N)	△	82.1	84.6
	hakui(JC) → Chunggye(TG)	×	83.8	87.0
	topyeong → guri(TG)	△	82.7	86.8
	topyeong → gangil	○	61.0	74.1
	Pyeongchon → hakui	△	78.4	79.5
	songnae → jangsu	○	57.1	73.1
	seoun(JC) → Gyeyang	○	74.1	75.4
	jungdong → seoun(JC)	△	77.1	82.9
	West coast	jonam(JC) → palgok(TN)	×	83.7
Gwangmyeong → Geumcheon		○	74.6	81.0
palgok(JC) → yongdam(TN)		△	78.8	79.7
seopyeongtaek → seopyeongtaek		△	81.1	88.3
maesong → bibong		×	88.0	88.7
Yeong dong	balan → maesong	×	92.7	93.0
	seoseoul(TG) → onam(JC)	○	73.4	76.3
	dundae(JC) → banwp(TN)	×	86.3	89.0
	seoansan → ansan	△	82.1	85.4
	ansan → seoansan	△	81.4	82.4
	gunpo → Gwanggyo(TN)	△	83.0	83.8
	seoansan → gunja(TG)	○	74.4	77.5
	seochang(JC) → wolgot(JC)	○	74.8	78.7

※ proposed method using V_{30} : non-congestion section(x), candidate congestion section(△), congestion section(○)

즉 V_{30} 을 기준으로 한 판단기준으로 재분석해 볼 때, 경인고속도로의 인천~가좌구간 등 7개 구간이 “상습 지체구간”에서 탈락되는 것으로 나타났다. 특히 탈락된 구간들의 연평균주행속도(V_a)를 보면, 타 구간에 비해 월등히 높은 속도를 나타내고 있다. 반면에 V_{30} 을 가지고 판단해도 여전히 상습 지체구간으로 선정된 구간들의 V_a 는 상대적으로 매우 낮은 것으로 나타났다.

이러한 분석결과는 본 연구에서 제시한 상습 지체구간 판단속도인 V_{30} 값을 가지고도 효율적으로 적용될 수 있음을 나타내고 있다. 또한 1년치 자료를 통한 V_{30} 의 산출이 아닌, 간단한 변수를 통해 V_{30} 를 추정하는 모형을 개발한다면 이에 대한 효율성을 더욱 더 높아질 것이다.

4. 상습 지체구간 판단속도(V_{30}) 추정모형

4.1. V_{30} 추정모형 개발절차

앞에서 V_{30} 을 통해, 상습 지체여부를 판단할 수 있는 가능성을 타진해 보았다. 그러나 V_{30} 도 1년치 속도자료를 취득해서 분석해야 하는 번거로움은 여전히 존재한다. 즉 고속도로와 같이 고정된 검지기가 설치되지 않은 구간에 대한 분석은 여전히 불가능하게 된다. 따라서 V_{30} 을 간단히 추정해 내기 위해 도로 및 교통특성 변수들과의 연계된 추정모형을 개발하고자 한다. 단 V_{30} 추정모형에 채택된 설명변수들 또한 취득이 용이해야 하는 기본적인 제약조건은 필요하다.

기본적인 모형의 형태는 거듭제곱함수와 지수함수식이 결합된 회귀모형을 사용하고자 한다. 즉 상관분석을 통해 V_{30} 과 가장 유사한 연관성을 보인 변수를 거듭제곱형식으로 표현하고, 나머지 변수는 지수함수식으로 표현하여 구성하고자 한다. 이러한 회귀모형식은 Baruya (1998)과 Taylor(2000)가 교통사고예측모형에 사용된 바 있다. 모형에 대한 기본형식은 Eq. (3)과 같다.

$$V_{30} = \alpha_0 (X_1)^{\alpha_1} \exp(\alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \alpha_4 X_4) \quad (3)$$

$$\ln(V_{30}) = \ln \alpha_0 + \alpha_1 \ln(X_1) + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 \quad (4)$$

Eq. (3)의 양변에 로그를 취하면, Eq. (4)와 같이 선형화할 수 있다. 교통요인, 도로 및 기하구조요인, 도로 환경요인 등 설명변수들을 수집하여, 종속변수인 V_{30} 에 대한 설명력이 낮은 변수를 차례로 소거해 가는 step-wise 소거방식을 적용하여 최종모형을 구축하였다. 최종적으로 도출된 모형식은 아래 Eq. (7)과 같다. V_{30} 을

중속변수로 하고, AADT의 일평균속도(V_m), 차로당 일평균교통량(AADT/N), 제한속도(V_L), 지역계수(RF)를 독립변수로 하는 모형이다. 추정된 계수를 반영하여, 모형식을 정리하면 Eq. (5)와 같다.

$$V_{30} = 1.7045(V_m)^{0.9355} \times \exp(-0.0008(AADT/N) - 0.0025V_L + 0.0229RF) \quad (5)$$

여기서, V_m : AADT의 일평균속도(kph)
 AADT/N : 차로당 AADT(천대/일)
 V_L : 제한속도(kph)
 RF : 지역계수(도시부는 0, 지역간 :1)

Table 8. Regression Model for V_{30}

Variable	Parameter		t-value	p-value
	B	S. D.		
Constant	.533	.248	2.147	.033
V_m	.935	.051	18.33	.000
AADT/N	-.001	.000	-1.824	.070
V_L	-.003	.001	-2.409	.017
RF	.023	.010	2.302	.022

$r^2 = 0.719$ Number of obs.=204

모형식을 분석해보면 하위 30%의 속도인 V_{30} 과 가장 밀접한 연관성이 있는 연평균속도(V_m)는 (+)의 부호를 나타냈는데, 이는 전체 평균속도가 커질수록 V_{30} 도 커지는 것으로 해석되어, 의미상 맞는 결과이다. 차로당 일평균교통량(AADT/N)은 (-)부호로 나타났는데, 교통량이 많을수록 V_{30} 이 작아짐을 의미한다. 통상 교통량이 많을수록 통행속도는 감소하게 되므로, 적정결과로 판단된다.

제한속도(V_L)는 (-)부호로 나타났는데, 도로의 기본적인 시설등급을 나타내는 제한속도가 낮으면 V_{30} 가 낮아지는 것을 의미하므로, 이 또한 적정한 결과로 판단된다. 마지막으로 지역간계수(RF)는 (+)의 부호를 나타냈는데, 도시부 고속도로를 0으로, 지역간 고속도로를 1로 처리하였으므로, 특정시간대에 교통량이 집중되는 도시부 도로가 다소 낮은 V_{30} 값을 나타내므로, 이 또한 의미가 맞다고 볼 수 있다.

4.2. V_{30} 추정모형의 활용

이제 V_{30} 의 추정을 통해, 우리는 도로구간의 상습 지체여부를 판단할 수 있게 된다. 즉 해당구간의 V_{30} 를 가

지고 우리는 그 구간의 상습 지체현상을 가늠해 볼 수 있다. V_{30} 를 통해 특정구간의 상습 지체여부에 대한 분석절차 예시는 아래와 같다.

*** 예제 : 운영중인 A 도로구간 상습 지체여부 판정**
 (고정 검지기가 없어 1년치 자료 취득불가)

*** 도로 및 교통조건**
 - 일평균속도 75kph, AADT = 15,000대/일
 - 제한속도 110kph, √ 지방부 도로(편도 3차로)

*** 자료 취득**
 - AADT 일자에 이동식 교통량 수집장치를 통해 일일 교통량, 속도자료 취득

*** 분석 결과**

$$V_{30} = 1.7045(V_m)^{0.9355} \times \exp(-0.0008(AADT/N) - 0.0025V_L + 0.0229RF)$$
 V_{30} 이 74.9kph < 76.5kph이므로, “상습 지체구간”으로 판정 (Table 6 참조)

5. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 공학적 판단기준에 활용되는 Percentile 속도를 가지고, 고속도로 구간의 상습 지체여부를 결정하는데 활용할 수 있는가를 분석해 보았으며, 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 기존문헌에서 제시된 소통일관성 지수(CSI)를 활용하여, 이와 가장 상관성이 높은 Percentile 속도를 분석하였으며, 상습 지체여부를 판단하는 속도로 30 Percentile 속도(V_{30})의 활용이 가장 적절한 것으로 판단하였다.

둘째, CSI와 V_{30} 간의 치환모형을 통해, V_{30} 을 가지고 상습 지체를 판단하는 기준(Table 6참조)을 제시하였다. 즉 특정구간의 V_{30} 속도(전체속도 중 하위 30%에 해당하는 속도)가 76.5kph보다 작다면, 우리는 이 구간은 “상습 지체구간으로 판정할 수 있게 된다.

셋째, V_{30} 에 대한 실용성을 검증하기 위해, 기존방식으로 선정되었던 고속도로 상습 지체구간을 대상으로 V_{30} 을 가지고 상습 지체여부를 판단해 보았으며, 그 결과 연평균속도가 매우 높은 구간들이 탈락되는 결과를 보이고 있어 실효성이 높음을 증명하였다.

넷째, V_{30} 에 대한 활용성을 높이기 위해서 이를 간단한 교통변수들을 활용하여 쉽게 추정할 수 있는 추정모형을 제시하였다. 우리는 이를 토대로 일일 교통조사만으로도 해당구간의 V_{30} 을 추정할 수 있게 된다.

본 연구에서 제안한 상습 지체판단속도(V_p)에 대한 개념은 기존문헌에서 연구되지 않은 새로운 접근방법이며, 특히 고정검지기가 없는 국도나 일반도로에 적용할 경우 더 효과적으로 활용할 수 있을 것이다. 따라서 추후 고속도로 외 다른 도로유형에 대한 분석을 통해 모형 개발이 이루어진다면 매우 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

References

Hwang S. K., "Development of Urban Congestion Index for Economic Congestion Estimation(step 1)", 2002.
(황상규, 도시교통혼잡지표의 개발 및 활용방안 1단계, 한국교통연구원, 2002.)

Jo J. H., Han J. H., Kim S. H., Lee B. S., "The Selection of Optimal Probability Distribution and Estimation for Design Hourly Factor in National Highway Roads", Journal of the Korean Society of Transportation, Vol. 24, No. 6, pp. 33-43, 2006.
(조준환, 한중현, 김성호, 이병생, 일반국도 설계시간계수의 적정 확률분포 선정 및 추정, 대한교통학회지, Vol. 24, No. 6, 33-43, 2006.)

Kim H. G., "Development of Speed and Speed Forecasting Model for Selecting the Freeway Recurring Congested Section", Ph. D. Thesis, Hanyang University, 2013.
(김형곤, 고속도로 상습 지체구간 선정을 위한 지체판단속도

산정 및 추정모형 개발, 한양대학교 박사학위논문, 2013.)

Lee, K. Y., Choi, K. C., Son, B. S., Kim, H. G., Lee, S. B., "Development of Consistency Service Index for Deciding recurring Congestion Section", Journal of the Korean Society of Road Engineers, Vol. 15, No. 5, pp. 61-71, 2013.
(이기영, 최기주, 손범수, 김형곤, 이승봉, 상습지체구간 결정을 위한 일관성 서비스지수(CSI) 개발, 한국도로학회논문집 제15권 제5호, pp 61-71, 2013)

Lee S. G., "A Study on the Development of Road Congestion Index", The Korea Research institute of Human Settlements(KRIHS), 1997.
(이상진, 도로교통 혼잡지표 개발에 관한 연구, 국토개발연구원, 33-57, 1997.)

Lee S. J., "Development of Traffic Operating Condition Audit Technique on Freeways", Expressway & Transportation Research Institute, 2006.
(이승준, 고속도로 교통소통진단기법 개발, 한국도로공사 도로교통연구원, 2006.)

Moon M. K., Jang M. S., Kang J. S., "A study on improvement of the DDHV estimating method", Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 21, No. 5, Journal of Korean Society of Transportation, pp. 61-71, 2003.
(문미경, 장명순, 강재수, 설계시간교통량 산정방법 개선, 대한교통학회지 제21권 제5호, pp 61-71, 2003.)

NCHRP, "Quantifying congestion: user's guide", NCHRP Report 398 Vol 2, 1997.

S. C. Sharma, Y. Wu, S. N. Rizak, "Determination of DDHV from directional traffic flows", Journal of Transportation Engineering, Vol. 121, No. 4, pp. 369-375, 1995.